LỜI NÓI ĐẦU

"BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÍ TRUNG HỌC PHỔ THÔNG" là bộ sách dùng cho học sinh khá giỏi, học sinh các lớp chuyên Vật lí, các thầy cô giáo dạy Vật lí ở các trường trung học phổ thông. Bộ sách gồm 7 cuốn:

1. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 10*, tập I** (*Động học, Động lực học, Tĩnh học*)
2. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 10*, tập II** (*Các định luật bảo toàn, Nhiệt học*)
3. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 11*, tập I** (*Điện và Điện từ*)
4. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 11*, tập II** (*Quang hình*)
5. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 12*, tập I** (*Dao động và Sóng cơ học*)
6. ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 12*, tập II** (*Dòng điện xoay chiều và Dao động điện từ*)
7, ***Bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí 12*, tập III** (*Quang lí, Vật lí hạt nhân*)

Về cấu trúc, mỗi cuốn sách đều được chia thành các phần lớn, trong mỗi phần gồm nhiều chuyên đề, mỗi chuyên đề là một nội dung kiến thức trọn vẹn. Mỗi chuyên đề gồm các phần:

A-Tóm tắt kiến thức: Phần này chúng tôi trình bày một cách có hệ thống những kiến thức trọng tâm của chuyên đề từ cơ bản đến nâng cao trong đó chúng tôi chú trọng đào sâu những kiến thức nâng cao để làm cơ sở cho việc giải các bài tập của chuyên đề.

B-Những chú ý khi giải bài tập: Trong phần này chúng tôi nêu lên những chú ý cần thiết về kiến thức và kĩ năng giải bài tập. Đó là những lưu ý quan trọng giúp định hướng và tránh những sai sót khi giải các bài tập của chuyên đề.

C-Các bài tập của chuyên đề: Hệ thống bài tập ở đây khá đa dạng được sắp xếp từ dễ đến khó, từ đơn giản đến phức tạp và được giải khá chi tiết nên rất phù hợp với nhiều đối tượng bạn đọc.

Trong quá trình biên soạn chúng tôi tham khảo rất nhiều nguồn tài liệu trong và ngoài nước, đặc biệt là các bộ sách *Giải toán Vật lí* do thầy Bùi Quang Hân làm chủ biên – Nhà xuất bản Giáo dục 1998, bộ sách *Bài tập và lời giải Vật lí* do GS. Yung Kuo Lim làm chủ biên – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam 2010, bộ sách *Cơ sở Vật lí* do David Halliday làm chủ biên – Nhà xuất bản Giáo dục 2002… để làm phong phú thêm phần kiến thức cũng như phần lời giải các bài tập trong bộ sách.

Với sự góp sức của các thầy cô giáo đã và đang công tác tại các trường chuyên, các thầy cô giáo đã từng tham gia bồi dưỡng học sinh giỏi Vật lí của các tỉnh thành trong cả nước, hi vọng bộ sách sẽ là tài liệu tham khảo thiết thực, bổ ích cho nhiều đối tượng bạn đọc yêu thích bộ môn Vật lí.

Mặc dù đã đầu tư biên soạn khá kĩ lưỡng nhưng những hạn chế, sai sót là điều không thể tránh khỏi. Rất mong nhận được sự đóng góp, chia sẻ của các thầy cô giáo và các em học sinh trên cả nước. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về địa chỉ ngphudong@gmail.com hoặc khang vietbookstore@yahoo.com.vn.

Xin trân trọng giới thiệu bộ sách đến quý thầy cô giáo và các em học sinh!

Chủ biên
ThS. Nguyễn Phú Đồng

Phần thứ nhất

TĨNH ĐIỆN

Chuyên đề 1: LỰC TƯƠNG TÁC TĨNH ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

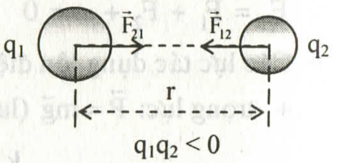
I. Điện tích – Sự tương tác giữa các điện tích

1. **Điện tích:** Có hai loại điện tích: điện tích dương và điện tích âm. Các điện tích cùng loại thì đẩy nhau, các điện tích khác loại thì hút nhau.
2. **Định luật Culông:** Lực tương tác giữa hai điện tích điểm đứng yên tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với khoảng cách giữa chúng.

$$F = \frac{k}{\varepsilon}.\frac{|q_1q_2|}{r^2}$$

+ $k = 9.10^9$ N.m²/C².
+ ε là hằng số điện môi của môi trường ($\varepsilon = 1$: chân không hoặc không khí).
+ r là khoảng cách giữa hai điện tích q_1, q_2.

- **Chú ý:** Định luật Culông được áp dụng cho:
  – hai điện tích điểm.
  – hai quả cầu tích điện phân bố đều.



II. Định luật bảo toàn điện tích

Trong một hệ cô lập về điện, tổng các điện tích được bảo toàn:

$q_1 + q_2 + … = \text{const}$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Khi áp dụng định luật Culông về sự tương tác giữa các điện tích đứng yên cần chú ý:

+ điều kiện áp dụng: hai điện tích điểm hoặc hai quả cầu tích điện phân bố đều.
+ các hiện tượng thực tế thường gặp:

- cho hai quả cầu nhỏ dẫn điện như nhau đã nhiễm điện tiếp xúc nhau hoặc nối với nhau bằng đoạn dây dẫn rồi tách rời ra thì tổng điện tích sẽ chia đều cho hai quả cầu: $q'_1 = q'_2 = \dfrac{q_1 + q_2}{2}$
- khi chạm tay vào một quả cầu nhỏ dẫn điện đã tích điện thì quả cầu sẽ mất điện tích và trở thành trung hòa.

– Khi một điện tích điểm q chịu tác dụng của nhiều lực tác dụng $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, ... do các điện tích điểm q_1, q_2, ... gây ra thì hợp lực tác dụng lên q là:

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ...$

✦ Để xác định độ lớn của hợp lực $\vec{F}$ ta có thể dựa vào:

+ định lí hàm cosin: $F^2 = F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha$ (α là góc hợp bởi $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$).

Nếu:

- $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ cùng chiều thì: $F = F_1 + F_2$ $(\alpha = 0, \cos\alpha = 1)$.
- $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ ngược chiều thì: $F = |F_1 - F_2|$ $(\alpha = \pi, \cos\alpha = -1)$.
- $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ vuông góc thì: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$ $(\alpha = 90^o, \cos\alpha = 0)$.
- $\vec{F}_1$ và $\vec{F}_2$ cùng độ lớn $(F_1 = F_2)$ thì: $F = 2F_1\cos\dfrac{\alpha}{2}$.

+ phương pháp hình chiếu: $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

$(F_x = F_{1x} + F_{2x} + ...;\ F_y = F_{1y} + F_{2y} + ...)$

– Khi một điện tích q đứng yên thì hợp lực tác dụng lên q sẽ bằng $\vec{0}$:

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... = \vec{0}$

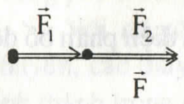
✦ Các lực tác dụng lên điện tích q thường gặp là:

+ trọng lực: $\vec{P} = m\vec{g}$ (luôn hướng xuống).

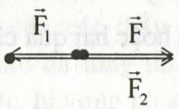
+ lực tĩnh điện: $F = \dfrac{k}{\varepsilon}.\dfrac{|q_1q_2|}{r^2}$ (lực hút nếu q_1 và q_2 trái dấu; lực đẩy nếu q_1 và q_2 cùng dấu).

+ lực căng dây T.

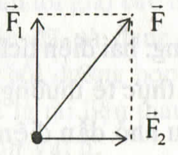
+ lực đàn hồi của lò xo: $F = k.\Delta l = k(l - l_0)$.



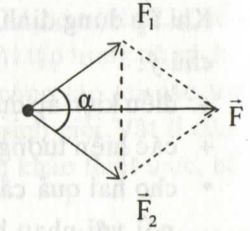
Cùng chiều



Ngược chiều



Vuông góc



Cùng độ lớn

C. CÁC BÀI TẬP VỀ LỰC TƯƠNG TÁC TĨNH ĐIỆN

1. TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH ĐIỂM ĐỨNG YÊN

1.1. Hai điện tích điểm bằng nhau đặt trong chân không, cách nhau đoạn R = 4cm. Lực đẩy tĩnh điện giữa chúng là $F = 10^{-5}$N.

a) Tìm độ lớn mỗi điện tích.

b) Tìm khoảng cách R_1 giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là $F_1 = 2,5.10^{-6}$N.

Bài giải

a) Độ lớn mỗi điện tích

– Vì: + Hai điện tích đẩy nhau nên q_1 và q_2 cùng dấu.

+ Hai điện tích bằng nhau nên: $q_1 = q_2$.

– Theo định luật Cu–lông:

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{R^2} = k\frac{q^2}{R^2} \Rightarrow |q| = R\sqrt{\frac{F}{k}} = 4.10^{-2}.\sqrt{\frac{10^{-5}}{9.10^9}} \approx 1,3.10^{-9}\,C$$

Vậy: Độ lớn của mỗi điện tích là $|q_1| = |q_2| = |q| \approx 1,3.10^{-9}$ C

b) Khoảng cách R_1 giữa chúng để lực đẩy tĩnh điện là $F_1 = 2,5.10^{-6}$N

– Với khoảng cách R: $F = k\dfrac{q^2}{R^2}$ (1)

– Với khoảng cách R_1: $F' = k\dfrac{q^2}{R_1^2}$ (2)

– Suy ra: $R_1 = R.\sqrt{\dfrac{F}{F_1}} = 4.\sqrt{\dfrac{10^{-5}}{2,5.10^{-6}}} = 8$cm.

Vậy: Để lực đẩy tĩnh điện giữa hai điện tích là $F_1 = 2,5.10^{-6}$N thì khoảng cách giữa chúng là $R_1 = 8$cm.

1.2. Hạt bụi trong không khí ở cách nhau một đoạn R = 3cm, mỗi hạt mang điện tích $q = -9,6.10^{-13}$C.

a) Tính lực tĩnh điện giữa hai hạt.

b) Tính số êlectrôn dư trong mỗi hạt bụi, biết điện tích mỗi êlectrôn là $e = 1,6.10^{-19}$C.

Bài giải

a) Lực tĩnh điện giữa hai hạt

Ta có: $F = k\dfrac{|q_1q_2|}{R^2} = k\dfrac{q^2}{R^2} = 9.10^9.\dfrac{(-9,6.10^{-13})^2}{(3.10^{-2})^2} = 9,216.10^{-12}$C

Vậy: Lực tĩnh điện giữa hai hạt là $F = 9,216.10^{-12}$C

b) Số êlectrôn dư trong mỗi hạt bụi

Ta có: $n_e = \dfrac{|q|}{e} = \dfrac{|-9,6.10^{-13}|}{1,6.10^{-19}} = 6.10^6$.

Vậy: Số êlectrôn dư trong mỗi hạt bụi là $n_e = 6.10^6$.

1.3. Mỗi prôtôn có khối lượng $m = 1,67.10^{-27}$kg, điện tích $q = 1,6.10^{-19}$C. Hỏi lực đẩy Culông giữa hai prôtôn lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng bao nhiêu lần?

Bài giải

– Lực đẩy Cu–lông giữa hai prôtôn là: $F = k\dfrac{|q_1q_2|}{R^2} = k\dfrac{q^2}{R^2}$.

– Lực hấp dẫn giữa hai prôtôn là: $F' = G\dfrac{|m_1m_2|}{R^2} = G\dfrac{m^2}{R^2}$.

– Suy ra: $\dfrac{F'}{F} = \dfrac{G}{k}.\left(\dfrac{m}{q}\right)^2 = \dfrac{6,67.10^{-11}}{9.10^9}.\left(\dfrac{1,67.10^{-27}}{1,6.10^{-19}}\right)^2 = 1,35.10^{36}$

Vậy: Lực đẩy Cu–lông giữa hai prôtôn lớn hơn lực hấp dẫn giữa chúng $1,35.10^{36}$ lần.

1.4. Hai vật nhỏ giống nhau, mỗi vật thừa một êlectrôn. Tìm khối lượng mỗi vật để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn.

Bài giải

– Lực tĩnh điện giữa hai vật là: $F = k\dfrac{|q_1q_2|}{R^2} = k\dfrac{q^2}{R^2}$.

– Lực hấp dẫn giữa hai vật là: $F' = G\dfrac{|m_1m_2|}{R^2} = G\dfrac{m^2}{R^2}$.

– Để F = F' thì:

$$k\frac{q^2}{R^2} = G\frac{m^2}{R^2} \Rightarrow m = |q|.\sqrt{\frac{k}{G}} = 1,6.10^{-19}.\sqrt{\frac{9.10^9}{6,67.10^{-11}}} = 1,86.10^{-9}\text{ kg.}$$

Vậy: Để lực tĩnh điện bằng lực hấp dẫn thì khối lượng của mỗi vật phải là $m = 1,86.10^{-9}$ kg.

1.5. Êlectrôn quay quanh hạt nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn với bán kính $R = 5.10^{-11}$m.

a) Tính độ lớn lực hướng tâm đặt lên êlectrôn.

b) Tính vận tốc và tần số chuyển động của êlectrôn.

Coi êlectrôn và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô tương tác theo định luật tĩnh điện.

Bài giải

a) Độ lớn lực hướng tâm đặt lên êlectrôn

Vì lực hướng tâm trong chuyển động tròn của êlectron quanh hạt nhân chính là lực tĩnh điện nên:

$$F_{ht} = k\frac{|q_1q_2|}{R^2} = 9.10^9.\frac{|(-1,6.10^{-19}).1,6.10^{-19}|}{(5.10^{-11})^2} = 9,2.10^{-8}\text{ N}$$

Vậy: Độ lớn lực hướng tâm đặt lên êlectrôn là: $F_{ht} = 9,2.10^{-8}$ N.

b) Vận tốc và tần số chuyển động của êlectrôn

Ta có: $F_{ht} = \dfrac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\dfrac{F_{ht}.R}{m}} = \sqrt{\dfrac{9,2.10^{-8}.5.10^{-11}}{9,1.10^{-31}}} \approx 2,25.10^6$ m/s

và $n = \dfrac{v}{2\pi R} = \dfrac{2,25.10^6}{2.3,14.5.10^{-11}} \approx 0,71.10^{16}$/s.

Vậy: Vận tốc và tần số chuyển động của êlectrôn là $F_{ht} \approx 2,25.10^6$ m/s và $n \approx 0,71.10^{16}$/s.

1.6. Hai vật nhỏ mang điện tích đặt trong không khí cách nhau đoạn R = 1m, đẩy nhau bằng lực F = 1,8N. Điện tích tổng cộng của hai vật là $Q = 3.10^{-5}$C. Tính điện tích mỗi vật.

Bài giải

– Theo định luật Cu–lông, ta có: $F = k\dfrac{|q_1q_2|}{R^2}$

$\Rightarrow |q_1q_2| = \dfrac{FR^2}{k} = \dfrac{1,8.1^2}{9.10^9} = 2.10^{-10}$ (1)

– Mặt khác: $|q_1 + q_2| = Q = 3.10^{-5}$ (2)

– Vì hai điện tích đẩy nhau nên q_1 và q_2 cùng dấu và cùng dương (suy ra từ đề bài). Do đó:

$q_1q_2 = 2.10^{-10}$ (1')

$q_1 + q_2 = 3.10^{-5}$ (2')

– Giải hệ (1') và (2') ta được:

$q_1 = 2.10^{-5}$ C và $q_2 = 10^{-5}$ C hoặc $q_1 = 10^{-5}$ C và $q_2 = 2.10^{-5}$ C.

Vậy: Điện tích mỗi vật là:

$q_1 = 2.10^{-5}$ C và $q_2 = 10^{-5}$ C hoặc $q_1 = 10^{-5}$ C và $q_2 = 2.10^{-5}$ C.

1.7. Hai quả cầu kim loại nhỏ như nhau mang các điện tích q_1, q_2 đặt trong không khí cách nhau R = 2cm, đẩy nhau bằng lực $F = 2,7.10^{-4}$N. Cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi lại đưa về vị trí cũ, chúng đẩy nhau bằng lực F' = $3,6.10^{-4}$N. Tính q_1, q_2.

Bài giải

– Khi hai quả cầu chưa tiếp xúc, ta có:

$$F = k\frac{|q_1q_2|}{R^2} \Rightarrow |q_1q_2| = \frac{FR^2}{k} = \frac{2,7.10^{-4}.(2.10^{-2})^2}{9.10^9} = 12.10^{-8}$$

$\Rightarrow q_1q_2 = 12.10^{-8}$ (1) (hai quả cầu đẩy nhau)

– Khi cho hai quả cầu tiếp xúc nhau rồi tách ra xa nhau thì: $F' = k\frac{|q_1'q_2'|}{R^2}$

với: $q_1' = q_2' = \frac{q_1+q_2}{2}$

$$\Rightarrow F' = k\frac{\left(\frac{q_1+q_2}{2}\right)^2}{R^2} \Rightarrow (q_1+q_2) = \pm 2R\sqrt{\frac{F'}{k}} = \pm 2.2.10^{-2}\sqrt{\frac{3,6.10^{-4}}{9.10^9}}$$

$\Rightarrow (q_1 + q_2) = \pm\, 8.10^{-9}$ (2)

– Giải hệ (1) và (2) ta được: $q_1 = 6.10^{-9}$ C và $q_2 = 2.10^{-9}$ C; $q_1 = -6.10^{-9}$ C và $q_2 = -2.10^{-9}$ C hoặc $q_1 = 2.10^{-9}$ C và $q_2 = 6.10^{-9}$ C; $q_1 = -2.10^{-9}$ C và $q_2 = -6.10^{-9}$ C.

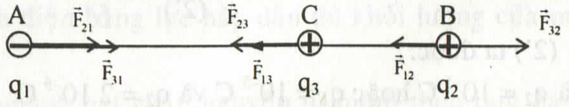
Vậy: Điện tích của các quả cầu khi chưa tiếp xúc nhau là: $q_1 = 6.10^{-9}$C và $q_2 = 2.10^{-9}$C; $q_1 = -6.10^{-9}$C và $q_2 = -2.10^{-9}$C hoặc $q_1 = 2.10^{-9}$C và $q_2 = 6.10^{-9}$C; $q_1 = -2.10^{-9}$C và $q_2 = -6.10^{-9}$C.

2. LỰC TỔNG HỢP TÁC DỤNG LÊN MỘT ĐIỆN TÍCH

1.8. Ba điện tích điểm $q_1 = -10^{-7}$C, $q_2 = 5.10^{-8}$C, $q_3 = 4.10^{-8}$C lần lượt đặt tại A, B, C trong không khí, AB = 5cm, AC = 4cm, BC = 1cm. Tính lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài giải

Ta có: AB = 5cm, AC = 4cm, BC = 1cm ⇒ AB = AC + CB ⇒ C nằm trong đoạn AB.



– Lực tác dụng lên q_1: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} \Rightarrow F_1 = F_{21} + F_{31}$ ($\vec{F}_{21};\vec{F}_{31}$ cùng chiều)

$$\Rightarrow F_1 = k\frac{|q_2q_1|}{AB^2} + k\frac{|q_3q_1|}{AC^2} = 9.10^9.\left(\frac{|5.10^{-8}.(-10^{-7})|}{(5.10^{-2})^2} + \frac{|4.10^{-8}.(-10^{-7})|}{(4.10^{-2})^2}\right)$$

$\Rightarrow F_1 = 4,05.10^{-2}$N

– Lực tác dụng lên q_2: $\vec{F}_2 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} \Rightarrow F_2 = |F_{12} - F_{32}|$ ($\vec{F}_{12};\vec{F}_{32}$ ngược chiều)

$$\Rightarrow F_2 = k\left|\frac{|q_1q_2|}{AB^2} - \frac{|q_3q_2|}{BC^2}\right| = 9.10^9.\left|\frac{|(-10^{-7}).5.10^{-8}|}{(5.10^{-2})^2} - \frac{|4.10^{-8}.5.10^{-8}|}{(10^{-2})^2}\right|$$

$\Rightarrow F_2 = 16,2.10^{-2}$N

– Lực tác dụng lên q_3: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_3 = F_{13} + F_{23}$ ($\vec{F}_{13};\vec{F}_{23}$ cùng chiều)

$$\Rightarrow F_3 = k\frac{|q_1q_3|}{AC^2} + k\frac{|q_2q_3|}{BC^2} = 9.10^9.\left(\frac{|(-10^{-7}).4.10^{-8}|}{(4.10^{-2})^2} + \frac{|5.10^{-8}.4.10^{-8}|}{(10^{-2})^2}\right)$$

$\Rightarrow F_3 = 20,25.10^{-2}$N

1.9. Ba điện tích điểm $q_1 = 4.10^{-8}$C, $q_2 = -4.10^{-8}$C, $q_3 = 5.10^{-8}$C đặt trong không khí tại ba đỉnh ABC của một tam giác đều, cạnh a = 2cm. Xác định vectơ lực tác dụng lên q_3.

Bài giải

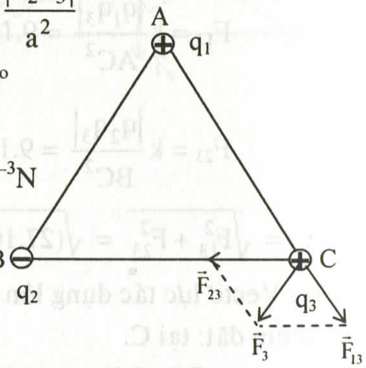
Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với $F_{13} = k\frac{|q_1q_3|}{a^2}$; $F_{23} = k\frac{|q_2q_3|}{a^2}$

Vì $|q_1| = |q_2| \Rightarrow F_{13} = F_{23}$ và $\alpha = (\vec{F}_{13},\vec{F}_{23}) = 120^o$

$$\Rightarrow F_3 = F_{13} = F_{23} = 9.10^9.\frac{|4.10^{-8}.5.10^{-8}|}{(2.10^{-2})^2} = 45.10^{-3}\text{N}$$

Vậy: Vectơ lực tác dụng lên q_3 có:

+ điểm đặt: tại C.
+ phương: song song với AB.
+ chiều: từ A đến B.
+ độ lớn: $F_3 = 45.10^{-3}$N.



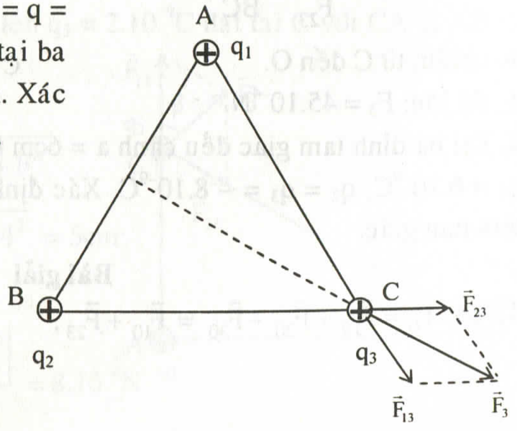
1.10. Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 1,6.10^{-19}$C đặt trong chân không tại ba đỉnh tam giác đều cạnh a = 16cm. Xác định lực tác dụng lên điện tích q_3.

Bài giải

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với

$$F_{13} = k\frac{|q_1q_3|}{a^2} = k\frac{q^2}{a^2};$$

$$F_{23} = k\frac{|q_2q_3|}{a^2} = k\frac{q^2}{a^2}$$



$\Rightarrow F_{13} = F_{23}$ và $\alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 60^o \Rightarrow F_3 = 2F_{13}\cos\dfrac{\alpha}{2} = 2k\dfrac{q^2}{a^2}.\cos30^o$

$$\Rightarrow F_3 = 2.9.10^9.\frac{(1{,}6.10^{-19})^2}{(16.10^{-2})^2}.\frac{\sqrt{3}}{2} = 15{,}6.10^{-27}N$$

Vậy: Vectơ lực tác dụng lên q_3 có:

+ điểm đặt: tại C.
+ phương: vuông góc với AB.
+ chiều: ra xa AB.
+ độ lớn: $F_3 = 15{,}6.10^{-27}N$.

1.11. Ba điện tích điểm $q_1 = 27.10^{-8}C$, $q_2 = 64.10^{-8}C$, $q_3 = -10^{-7}C$ đặt trong không khí tại ba đỉnh tam giác ABC vuông góc tại C. Cho AC = 30cm, BC = 40cm. Xác định vectơ lực tác dụng lên q_3.

Bài giải

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$, với: $\alpha = (\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}) = 90^o$

$$F_{13} = k\frac{|q_1q_3|}{AC^2} = 9.10^9.\frac{|27.10^{-8}.(-10^{-7})|}{(3.10^{-1})^2} = 27.10^{-4}N$$

$$F_{23} = k\frac{|q_2q_3|}{BC^2} = 9.10^9.\frac{|64.10^{-8}.(-10^{-7})|}{(4.10^{-1})^2} = 36.10^{-4}N$$

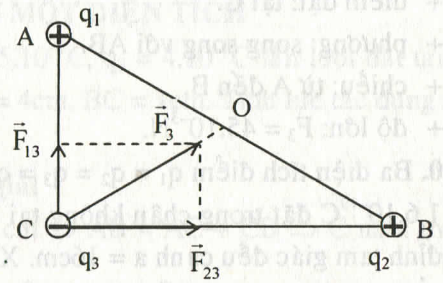
$$\Rightarrow F_3 = \sqrt{F_{13}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{(27.10^{-4})^2 + (36.10^{-4})^2} = 45.10^{-4}N$$

Vậy: Vectơ lực tác dụng lên q_3 có:

+ điểm đặt: tại C.
+ phương: CO (O là trung điểm AB).

$\left(\tan OCB = \dfrac{F_{13}}{F_{23}} = \dfrac{AC}{BC}\right)$

+ chiều: từ C đến O.
+ độ lớn: $F_3 = 45.10^{-4}N$.



1.12. Tại ba đỉnh tam giác đều cạnh a = 6cm trong không khí có đặt ba điện tích $q_1 = 6.10^{-9}C$, $q_2 = q_3 = -8.10^{-9}C$. Xác định lực tác dụng lên $q_0 = 8.10^{-9}C$ tại tâm tam giác.

Bài giải

Ta có: $\vec{F}_0 = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{F}_{10} + \vec{F}_{23}$,

với $F_{10} = k\dfrac{|q_1q_0|}{b^2}$; $F_{20} = k\dfrac{|q_2q_0|}{b^2}$; $F_{30} = k\dfrac{|q_3q_0|}{b^2}$.

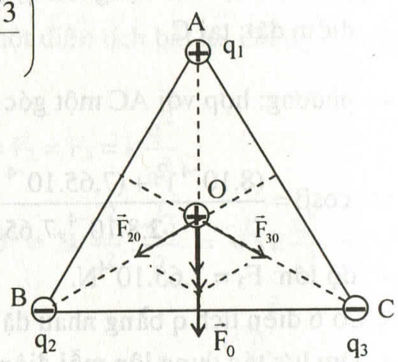
với $F_{20} = F_{30}$ (vì $q_2 = q_3$); $b = \dfrac{2}{3}h = \dfrac{2}{3}.\dfrac{a\sqrt{3}}{2} = \dfrac{a\sqrt{3}}{3}$ và $\alpha = (\vec{F}_{20}, \vec{F}_{30}) = 120^o$

$$\Rightarrow F_{23} = 2F_{20}\cos\frac{\alpha}{2} = 2k\frac{|q_2q_0|}{b^2}.\cos60^o = F_{20}$$

$$\Rightarrow F_{23} = 9.10^9.\frac{|q_2.q_0|}{\left(\dfrac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 9.10^9.\frac{|(-8.10^{-9}).8.10^{-9}|}{\left(\dfrac{6.10^{-2}\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 4{,}8.10^{-4}N$$

$$\text{và } F_{10} = k\frac{|q_1q_0|}{b^2} = 9.10^9.\frac{|q_1.q_0|}{\left(\dfrac{a\sqrt{3}}{3}\right)^2}$$

$$\Rightarrow F_{10} = 9.10^9.\frac{|6.10^{-9}.8.10^{-9}|}{\left(\dfrac{6.10^{-2}\sqrt{3}}{3}\right)^2} = 3{,}6.10^{-4}N$$



$\Rightarrow F_0 = 3{,}6.10^{-4} + 4{,}8.10^{-4} = 8{,}4.10^{-4}N$

Vậy: Vectơ lực tác dụng lên q_0 có:

+ điểm đặt: tại O.
+ phương: vuông góc với BC.
+ chiều: từ A đến BC.
+ độ lớn: $F_0 = 8{,}4.10^{-4}N$.

1.13. Hai điện tích $q_1 = 4.10^{-8}C$, $q_2 = -12{,}5.10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí, AB = 4cm. Xác định lực tác dụng lên $q_3 = 2.10^{-9}C$ đặt tại C với CA ⊥ AB và CA = 3cm.

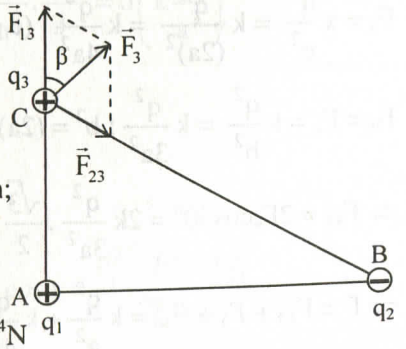
Bài giải

Ta có: $\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} \Rightarrow F_3 = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

với: $BC = \sqrt{AC^2 + AB^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5cm$;

Ox nằm ngang, Oy thẳng đứng.

$$F_{13} = k\frac{|q_1q_3|}{AC^2} = 9.10^9.\frac{|4.10^{-8}.210^{-9}|}{(3.10^{-2})^2} = 8.10^{-4}N$$



$$F_{23} = k\frac{|q_2q_3|}{BC^2} = 9.10^9.\frac{|(-12,5.10^{-8}).210^{-9}|}{(5.10^{-2})^2} = 9.10^{-4}N$$

$$F_x = F_{13(x)} + F_{23(x)} = 0 + F_{23}.\cos B = F_{23}.\frac{AB}{BC} = 9.10^{-4}.\frac{4}{5} = 7,2.10^{-4}N$$

$$F_y = F_{13(y)} + F_{23(y)} = F_{13} - F_{23}.\sin B = F_{13} - F_{23}.\frac{AC}{BC} = 8.10^{-4} - 9.10^{-4}.\frac{3}{5} = 2,6.10^{-4}N$$

$$\Rightarrow F_3 = \sqrt{(7,2.10^{-4})^2 + (2,6.10^{-4})^2} = 7,65.10^{-4}N$$

Vậy: Vectơ lực tác dụng lên q_3 có:

+ điểm đặt: tại C.

+ phương: hợp với AC một góc β: $\cos\beta = \dfrac{F_{13}^2 + F_3^2 - F_{23}^2}{2F_{13}F_3}$

$$\Rightarrow \cos\beta = \frac{(8.10^{-4})^2 + (7,65.10^{-4})^2 - (9.10^{-4})^2}{2.8.10^{-4}.7,65.10^{-4}} \approx 0,34 \Rightarrow \beta \approx 70^o$$

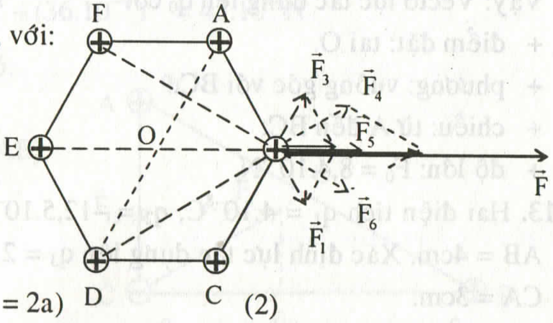
+ độ lớn: $F_3 = 7,65.10^{-4}$N.

1.14. Có 6 điện tích q bằng nhau đặt trong không khí tại 6 đỉnh lục giác đều cạnh a. Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài giải

Do tính đối xứng nên ta chỉ cần khảo sát một điện tích bất kì, chẳng hạn điện tích tại B trên hình vẽ.

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 + \vec{F}_6$, với:



$F_1 = F_3 = k\dfrac{q^2}{a^2}$; α = 120°

$\Rightarrow F_{13} = F_1 = F_3 = k\dfrac{q^2}{a^2}$ (1)

$F_5 = k\dfrac{q^2}{c^2} = k\dfrac{q^2}{(2a)^2} = k\dfrac{q^2}{4a^2}$ (c = 2a) (2)

$F_4 = F_6 = k\dfrac{q^2}{b^2} = k\dfrac{q^2}{3a^2}$; $b^2 = (2a)^2 - a^2 = 3a^2$; β = 60°

$\Rightarrow F_{46} = 2F_4\cos30^o = 2k\dfrac{q^2}{3a^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{2} = k\dfrac{\sqrt{3}q^2}{3a^2}$ (3)

$$\Rightarrow F = F_{13} + F_5 + F_{46} = k\frac{q^2}{a^2} + k\frac{q^2}{4a^2} + k\frac{\sqrt{3}q^2}{3a^2} = k\frac{q^2}{a^2}.\frac{(15+4\sqrt{3})}{12}$$

Vậy: Lực tác dụng lên mỗi điện tích có:

+ điểm đặt: tại các điện tích.

+ phương: đường thẳng nối điện tích và tâm lục giác.

+ chiều: từ tâm lục giác ra.

+ độ lớn: $F = k\dfrac{q^2}{a^2}.\dfrac{(15+4\sqrt{3})}{12}$.

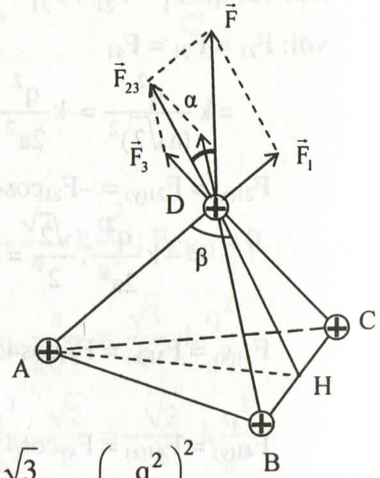
1.15. Bốn điện tích q giống nhau đặt ở 4 đỉnh tứ diện đều cạnh a. Tìm lực tác dụng lên mỗi điện tích.

Bài giải

Do tính đối xứng nên ta chỉ cần khảo sát một điện tích bất kì, chẳng hạn điện tích tại D trên hình vẽ.

Ta có: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_{23}$, với: $F_1 = F_2 = F_3 = k\dfrac{q^2}{a^2}$.

– Vì $F_2 = F_3$; $B\hat{D}C = 60^o \Rightarrow F_{23} = 2F_2\cos30^o = 2k\dfrac{q^2}{a^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k\dfrac{q^2}{a^2}$ và $\vec{F}_{23}$ nằm trên đường cao HD.



và $F^2 = F_1^2 + F_{23}^2 + 2F_1F_{23}\cos\beta$, với:

$$\cos\beta = \frac{AD^2 + HD^2 - AH^2}{2.AD.HD}$$

$$= \frac{a^2 + \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}{2a.\frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Rightarrow F^2 = \left(k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 + \left(\sqrt{3}.k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 - 2k\frac{q^2}{a^2}.\sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}.\frac{\sqrt{3}}{3} = 6\left(k\frac{q^2}{a^2}\right)^2$$

$$\Rightarrow F = \sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2}$$

Vậy: Lực tác dụng lên mỗi điện tích có:

+ điểm đặt: tại các điện tích.

+ phương: hợp với mặt tứ diện một góc α: $\cos\alpha = \dfrac{F_1^2 - F^2 - F_{23}^2}{2FF_{23}}$

$$\Rightarrow \cos\alpha = \frac{\left(k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 - \left(\sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2}\right)^2 - \left(\sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}\right)^2}{2\sqrt{6}k\frac{q^2}{a^2}.\sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}} = -\frac{2\sqrt{2}}{3} \Rightarrow \alpha = 160^o30'$$

+ độ lớn: $F = \sqrt{6}\,k\frac{q^2}{a^2}$.

1.16. Hình lập phương ABCD, A'B'C'D' cạnh $a = 6.10^{-10}$m đặt trong chân không. Xác định lực tác dụng lên mỗi điện tích, nếu:

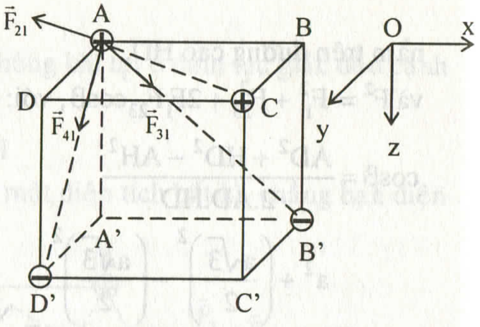
a) Có 2 điện tích $q_1 = q_2 = 1{,}6.10^{-19}$C tại A, C; 2 điện tích $q_3 = q_4 = -1{,}6.10^{-19}$C tại B' và D'.

b) Có 4 điện tích $q = 1{,}6.10^{-19}$C và 4 điện tích $-q$ đặt xen kẽ nhau ở 8 đỉnh của hình lập phương.

Bài giải

a) Ta có: $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = |q|$

– Đối với q_1: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41}$,



với: $F_{21} = F_{31} = F_{41}$

$$= k\frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k\frac{q^2}{2a^2}.$$

$$F_{21(x)} = F_{21(y)} = -F_{21}\cos45^o$$

$$= -k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{31(x)} = F_{31(z)} = F_{31}\cos45^o = k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{41(y)} = F_{41(z)} = F_{41}\cos45^o = k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1x} = F_{21(x)} + F_{31(x)} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = 0$$

$$F_{1y} = F_{21(y)} + F_{41(y)} = -\frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = 0$$

$$F_{1z} = F_{31(z)} + F_{41(z)} = \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} + \frac{\sqrt{2}}{4}k\frac{q^2}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}k\frac{q^2}{a^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}.9.10^9.\frac{(1{,}6.10^{-19})^2}{(6.10^{-10})^2} \approx 0{,}45.10^{-9}\text{N}$$

– Tương tự đối với các điện tích q_2, q_3 và q_4.

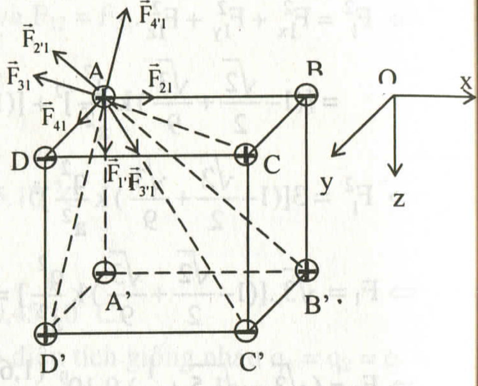
Vậy: Độ lớn lực tác dụng lên mỗi điện tích là $F \approx 0{,}45.10^{-9}$N.

b) Ta có: $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = |q'_1| = |q'_2| = |q'_3| = |q'_4| = |q|$

– Đối với q_1: $\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41} + \vec{F}_{1'1} + \vec{F}_{2'1} + \vec{F}_{3'1} + \vec{F}_{4'1}$ với:

$$F_{21} = F_{41} = F_{1'1} = k\frac{q^2}{a^2};\ F_{3'1} = k\frac{q^2}{(a\sqrt{3})^2} = k\frac{q^2}{3a^2}$$

$$F_{2'1} = F_{31} = F_{4'1} = k\frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k\frac{q^2}{2a^2}$$



$$F_{21(x)} = F_{21} = k\frac{q^2}{a^2};\ F_{21(y)} = 0;\ F_{21(z)} = 0$$

$$F_{31(x)} = F_{31(y)} = -F_{31}\cos45^o$$

$$= -k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2};$$

$$F_{31(z)} = 0$$

$$F_{41(x)} = 0;\ F_{41(y)} = F_{41} = k\frac{q^2}{a^2};\ F_{41(z)} = 0$$

$$F_{1'1(x)} = 0;\ F_{1'1(y)} = 0;\ F_{1'1(z)} = F_{1'1} = k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{2'1(x)} = F_{2'1(z)} = -F_{2'1}\cos45^o = -k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2};\ F_{2'1(y)} = 0$$

$$F_{3'1(x)} = F_{3'1(y)} = F_{3'1(z)} = F_{3'1}\cos A'\hat{A}C' = k\frac{q^2}{3a^2}.\frac{a}{a\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{9}.k\frac{q^2}{a^2}$$

$$F_{4'1(x)} = 0;\ F_{4'1(y)} = F_{4'1(z)} = -F_{4'1}\cos45^o = -k\frac{q^2}{2a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1x} = F_{21(x)} + F_{31(x)} + F_{41(x)} + F_{1'1(x)} + F_{2'1(x)} + F_{3'1(x)} + F_{4'1(x)}$$

$$F_{1x} = k\frac{q^2}{a^2} + \left(-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}\right) + 0 + 0 + \left(-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}\right) + \frac{\sqrt{3}}{9}.k\frac{q^2}{a^2} + 0$$

$$= \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{9}\right)k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1y} = F_{21(y)} + F_{31(y)} + F_{41(y)} + F_{1'1(y)} + F_{2'1(y)} + F_{3'1(y)} + F_{4'1(y)}$$

$$F_{1y} = 0 + \left(-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}\right) + k\frac{q^2}{a^2} + 0 + 0 + \frac{\sqrt{3}}{9}.k\frac{q^2}{a^2} + \left(-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}\right)$$

$$= (1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_{1z} = F_{21(z)} + F_{31(z)} + F_{41(z)} + F_{1'1(z)} + F_{2'1(z)} + F_{3'1(z)} + F_{4'1(z)}$$

$$F_{1z} = 0 + 0 + 0 + (k\frac{q^2}{a^2}) + (-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2}) + \frac{\sqrt{3}}{9}.k\frac{q^2}{a^2} + (-\frac{\sqrt{2}}{4}.k\frac{q^2}{a^2})$$

$$= (1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1^2 = F_{1x}^2 + F_{1y}^2 + F_{1z}^2$$

$$= [(1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}]^2 + [(1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}]^2 + [(1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}]^2$$

$$\Rightarrow F_1^2 = 3[(1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}]^2$$

$$\Rightarrow F_1 = \sqrt{3}.[(1-\frac{\sqrt{2}}{2}+\frac{\sqrt{3}}{9})k\frac{q^2}{a^2}] = (\sqrt{3}-\sqrt{1,5}+\frac{1}{3})k\frac{q^2}{a^2}$$

$$\Rightarrow F_1 = (\sqrt{3}-\sqrt{1,5}+\frac{1}{3}).9.10^9.\frac{(1,6.10^{-19})^2}{(6.10^{-10})^2} \approx 0,54.10^{-9}N$$

– Tương tự cho các điện tích khác.

Vậy: Độ lớn của lực điện tác dụng lên mỗi điện tích là $F \approx 0,54.10^{-9}$N.

3. SỰ CÂN BẰNG CỦA ĐIỆN TÍCH

1.17. Hai điện tích $q_1 = -2.10^{-8}$C, $q_2 = 1,8.10^{-7}$C đặt trong không khí tại A và B, AB = *l* = 8cm. Một điện tích q_3 đặt tại C. Hỏi:

a) C ở đâu để q_3 nằm cân bằng?

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng.

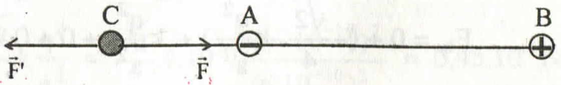
Bài giải

a) Vị trí của C để q_3 nằm cân bằng

– Các lực điện tác dụng lên q_3: $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$.

– Để q_3 nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn: $F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k\frac{|q_1q_3|}{AC^2} = k\frac{|q_2q_3|}{BC^2}$.

$$\Rightarrow \left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \left(\frac{AC}{BC}\right)^2 = \frac{2}{18} = \frac{1}{9} < 1$$



Từ đó:

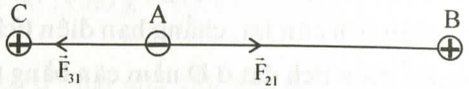
+ C nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

+ $BC = 3AC = 3(BC - AB) \Rightarrow BC = \frac{3}{2}AB = \frac{3}{2}.8 = 12cm$ và $AC = \frac{1}{3}.12 = 4cm$.

Vậy: Phải đặt q_3 tại C, với AC = 4cm; BC = 12cm thì q_3 sẽ nằm cân bằng.

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng

– Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì:



$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0} \text{ và } \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \vec{0} \Rightarrow F_{21} = F_{31} \text{ và } F_{12} = F_{32}.$$

$$\Rightarrow k\frac{|q_2q_1|}{AB^2} = k\frac{|q_3q_1|}{AC^2} \text{ và } k\frac{|q_1q_2|}{AB^2} = k\frac{|q_3q_2|}{BC^2}.$$

$$\Rightarrow |q_3| = |q_2|\left(\frac{AC}{AB}\right)^2 = |1,8.10^{-7}|\left(\frac{4}{8}\right)^2 = 0,45.10^{-7}C$$

– Vì $q_1 < 0$; $q_2 > 0 \Rightarrow q_3 > 0$: $q_3 = 0,45.10^{-7}$C.

Vậy: Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì $q_3 = +0,45.10^{-7}$C.

1.18. Tại ba đỉnh tam giác đều, người ta đặt 3 điện tích giống nhau $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6.10^{-7}$C. Phải đặt điện tích thứ tư q_0 ở đâu, là bao nhiêu để hệ cân bằng?

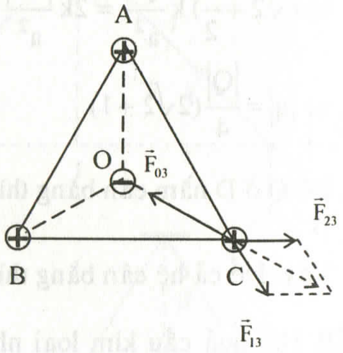
Bài giải

– Các lực điện tác dụng vào q_0: $\vec{F}_{10}$, $\vec{F}_{20}$ và $\vec{F}_{30}$.

Để q_0 cân bằng thì: $\vec{F}_{10} + \vec{F}_{20} + \vec{F}_{30} = \vec{0}$

Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q = 6.10^{-7}C \Rightarrow q_0$ nằm ở tâm tam giác ABC.

– Vì tính đối xứng của hệ nên để hệ cân bằng ta chỉ cần xét thêm điều kiện cân bằng của một trong ba điện tích kia, chẳng hạn q_3. Để q_3 cân bằng thì: $\vec{F}_{03} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0}$



$$\Rightarrow F_{03} = F'_3 = 2F_{13}\cos30^o = 2k\frac{|q_1q_3|}{a^2}.\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k\frac{|q_1q_3|}{a^2} \quad (F_{13} = F_{23} = k\frac{|q_1q_3|}{a^2})$$

$$\Leftrightarrow 3k\frac{|q_0q_3|}{a^2} = \sqrt{3}k\frac{|q_1q_3|}{a^2} \quad (F_{03} = k\frac{|q_0q_3|}{OC^2};\ OC = \frac{2}{3}.\frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3})$$

$$\Rightarrow |q_0| = \frac{\sqrt{3}}{3}q_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}.6.10^{-7} = 3,46.10^{-7}C$$

– Vì $q_1, q_2, q_3 > 0$ nên $q_0 < 0$.

Vậy: Để hệ cân bằng thì phải đặt q_0 tại tâm tam giác và $q_0 = -3,46.10^{-7}$C.

THƯ VIỆN TỈNH BÌNH THUẬN
ĐVL 18194 12

1.19. Ở mỗi đỉnh hình vuông cạnh a có đặt điện tích $Q = 10^{-8}$C. Xác định dấu, độ lớn điện tích q đặt ở tâm hình vuông để cả hệ điện tích cân bằng?

Bài giải

– Vì điện tích ở các đỉnh hình vuông như nhau nên điện tích q đặt ở tâm hình vuông luôn cân bằng.

– Vì hệ có tính đối xứng nên chỉ cần xét điều kiện cân bằng của một trong các điện tích còn lại, chẳng hạn điện tích đặt ở D.

– Để điện tích đặt ở D nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{14} + \vec{F}_{24} + \vec{F}_{34} + \vec{F}_q = \vec{0}$

$\Rightarrow F'_4 + F_{24} = F_q \quad (\vec{F}_{14} + \vec{F}_{34} = \vec{F}'_4)$

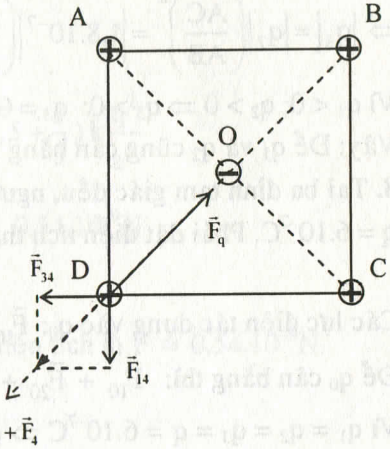
với $F_{14} = F_{34} = k\dfrac{Q^2}{a^2} \Rightarrow F'_4 = 2F_{14}\cos45^o = 2k\dfrac{Q^2}{a^2}.\dfrac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}\,k\dfrac{Q^2}{a^2}$

và $F_{24} = k\dfrac{Q^2}{(a\sqrt{2})^2} = k\dfrac{Q^2}{2a^2}$;

$F_q = k\dfrac{|Qq|}{\left(\dfrac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = 2k\dfrac{|Qq|}{a^2}$

$\Rightarrow (\sqrt{2} + \dfrac{1}{2})k\dfrac{Q^2}{a^2} = 2k\dfrac{|Qq|}{a^2}$

$\Rightarrow |q| = \dfrac{|Q|}{4}(2\sqrt{2} + 1)$



– Để Q ở D nằm cân bằng thì $q < 0 \Rightarrow q = -\dfrac{Q}{4}(2\sqrt{2} + 1)$.

Vậy: Để cả hệ cân bằng thì $q = -\dfrac{Q}{4}(2\sqrt{2} + 1)$.

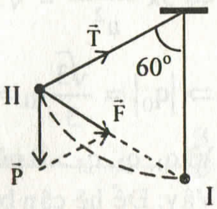
1.20. Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau mỗi quả có điện tích q khối lượng m = 10g, treo bởi hai dây cùng chiều dài l = 30cm vào cùng một điểm. Giữ quả cầu I cố định theo phương thẳng đứng, dây treo quả cầu II sẽ lệch góc $\alpha = 60^0$ so với phương thẳng đứng. Cho $g = 10m/s^2$. Tìm q.

Bài giải

– Các lực tác dụng lên quả cầu II: trọng lực $\vec{P}$, lực căng dây $\vec{T}$ và lực điện $\vec{F}$.

– Quả cầu II nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.

– Tam giác lực "gạch gạch" là tam giác đều nên: F = P.



---

hay $k\dfrac{q^2}{l^2} = mg \Rightarrow q = l.\sqrt{\dfrac{mg}{k}} = 3.10^{-1}.\sqrt{\dfrac{10^{-2}.10}{9.10^9}} = 10^{-6}$C.

Vậy: Điện tích $q = 10^{-6}$C.

1.21. Hai quả cầu kim loại nhỏ giống nhau treo vào một điểm bởi hai dây l = 20cm. Truyền cho hai quả cầu điện tích tổng cộng $Q = 8.10^{-7}$C, chúng đẩy nhau, các dây treo hợp thành góc $2\alpha = 90^0$. Cho $g = 10m/s^2$.

a) Tìm khối lượng mỗi quả cầu.

b) Truyền thêm cho một quả cầu điện tích q', hai quả cầu vẫn đẩy nhau nhưng góc giữa 2 dây treo giảm còn 60^0. Tính q'.

Bài giải

a) Khối lượng mỗi quả cầu

Ta có: Khối lượng mỗi quả cầu là m; điện tích mỗi quả cầu là

$q = \dfrac{Q}{2} = \dfrac{8.10^{-7}}{2} = 4.10^{-7}$C.

– Các lực tác dụng lên một quả cầu: trọng lực $\vec{P}$, lực căng dây $\vec{T}$ và lực điện $\vec{F}$.

– Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.

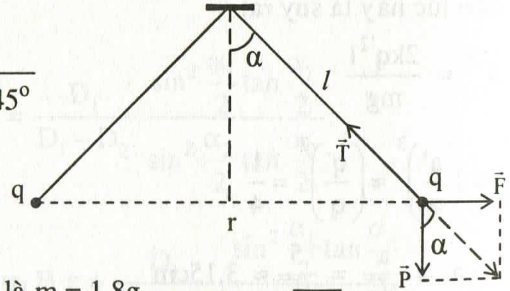
– Suy ra: $F = P\tan\alpha \Leftrightarrow k\dfrac{q^2}{r^2} = mg.\tan45^o \; (r = l\sqrt{2})$

$\Rightarrow m = \dfrac{kq^2}{(l\sqrt{2})^2 g.\tan45^o} = \dfrac{kq^2}{2l^2 g.\tan45^o}$

$\Rightarrow m = \dfrac{9.10^9.(4.10^{-7})^2}{2.(2.10^{-1})^2.10.1}$

$= 1{,}8.10^{-3}kg = 1{,}8g.$

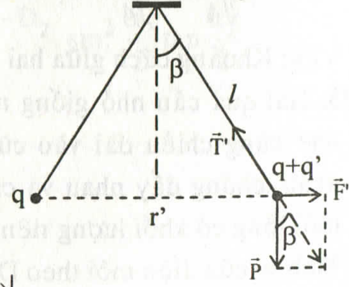
Vậy: Khối lượng của mỗi quả cầu là m = 1,8g.



b) Điện tích truyền thêm cho một quả cầu

– Khi truyền cho một quả cầu điện tích q' thì góc giữa hai quả cầu giảm nên q' < 0. Vì hai quả cầu vẫn đẩy nhau nên (q + q') > 0.

– Điện tích của quả cầu được truyền thêm điện tích là (q + q').



– Tương tự câu a, ta có: $F' = P\tan\alpha' \Leftrightarrow k\dfrac{|q.(q + q')|}{r'^2} = mg.\tan30^o \;\; (r' = l)$

$\Rightarrow |q + q'| = \dfrac{mg.\tan30^o.l^2}{kq} = \dfrac{1{,}8.10^{-3}.10.\dfrac{\sqrt{3}}{3}.(2.10^{-1})^2}{9.10^9.4.10^{-7}} = 1{,}15.10^{-7}C$

Vì $q > 0; q' < 0$ nên: $q' = 1,15.10^{-7} - 4.10^{-7} = -2,85.10^{-7}C$.

Vậy: Điện tích truyền thêm cho một quả cầu là $q' = -2,85.10^{-7}C$.

1.22 Hai quả cầu nhỏ bằng kim loại giống nhau treo trên hai dây dài vào cùng một điểm, được tích điện bằng nhau và cách nhau đoạn a = 5cm. Chạm nhẹ tay vào một quả cầu. Tính khoảng cách của chúng sau đó.

Bài giải

Gọi q, m là điện tích ban đầu và khối lượng của mỗi quả cầu.

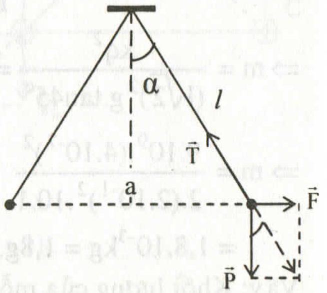
– Trước khi chạm tay vào một quả cầu, điều kiện cân bằng của một quả cầu cho:

$$\tan\alpha = \frac{F}{P} \approx \frac{a}{2l} \quad \left(F = k\frac{q^2}{a^2};\ P = mg\right)$$

$$\Rightarrow \frac{kq^2}{a^2mg} \approx \frac{a}{2l} \Rightarrow a^3 \approx \frac{2kq^2l}{mg} \qquad (1)$$

– Khi chạm tay vào một quả cầu, quả cầu đó sẽ mất hết điện tích, lực điện giữa hai quả cầu không còn nữa, hai quả cầu sẽ chạm vào nhau và điện tích lại được phân bố đều cho hai quả cầu ($q' = \frac{q}{2}$), hai quả cầu lại đẩy nhau và khoảng cách giữa chúng là a'. Tương tự, từ điều kiện cân bằng của một quả cầu lúc này ta suy ra:

$$a'^3 \approx \frac{2kq'^2l}{mg} \qquad (2)$$



$$\Rightarrow \left(\frac{a'}{a}\right)^3 \approx \left(\frac{q'}{q}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow a' = \frac{a}{\sqrt[3]{4}} = \frac{5}{\sqrt[3]{4}} \approx 3,15\text{cm}$$

Vậy: Khoảng cách giữa hai quả cầu sau khi chạm tay là a' ≈ 3,15cm.

1.23. Hai quả cầu nhỏ giống nhau khối lượng riêng D_1 được treo bằng hai dây nhẹ cùng chiều dài vào cùng một điểm. Cho 2 quả cầu nhiễm điện giống nhau, chúng đẩy nhau và các dây treo hợp góc α_1. Nhúng hệ vào chất điện môi lỏng có khối lượng riêng D_2, góc giữa 2 dây treo là $\alpha_2 < \alpha_1$.

a) Tính ε của điện môi theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$.

b) Định D_1 để $\alpha_2 = \alpha_1$.

Bài giải

a) Tính ε của điện môi theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$

– Trong không khí:

+ Các lực tác dụng vào một quả cầu: trọng lực $\vec{P}$, lực căng dây $\vec{T_1}$ và lực điện $\vec{F_1}$.

+ Điều kiện cân bằng của một quả cầu cho: $F_1 = P\tan\frac{\alpha_1}{2}$.

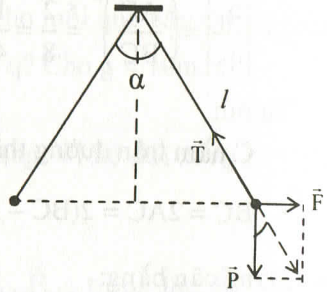
$$\Rightarrow k\frac{q^2}{(2l\sin\frac{\alpha_1}{2})^2} = mg.\tan\frac{\alpha_1}{2} \qquad (1)$$

– Trong điện môi ε:

+ Các lực tác dụng vào một quả cầu: trọng lực $\vec{P}$, lực căng dây $\vec{T_2}$, lực điện $\vec{F_2}$ và lực đẩy Ac–si–met $\vec{F_A}$.

+ Điều kiện cân bằng của một quả cầu cho:

$$F_2 = (P - F_A)\tan\frac{\alpha_2}{2}.$$



$$\Rightarrow k\frac{q^2}{\varepsilon(2l\sin\frac{\alpha_2}{2})^2} = (D_1 - D_2)Vg.\tan\frac{\alpha_2}{2} \qquad (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra:

$$\varepsilon\frac{\sin^2\frac{\alpha_2}{2}}{\sin^2\frac{\alpha_1}{2}} = \frac{D_1}{D_1 - D_2}.\frac{\tan\frac{\alpha_1}{2}}{\tan\frac{\alpha_2}{2}} \Rightarrow \varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2}.\frac{\sin^2\frac{\alpha_1}{2}\tan\frac{\alpha_1}{2}}{\sin^2\frac{\alpha_2}{2}\tan\frac{\alpha_2}{2}}.$$

Vậy: Giá trị của ε theo $D_1, D_2, \alpha_1, \alpha_2$ là $\varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2}.\frac{\sin^2\frac{\alpha_1}{2}\tan\frac{\alpha_1}{2}}{\sin^2\frac{\alpha_2}{2}\tan\frac{\alpha_2}{2}}$.

b) Định D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$

Khi $\alpha_1 = \alpha_2$ thì $\varepsilon = \frac{D_1}{D_1 - D_2} \Rightarrow D_1 = \frac{\varepsilon D_2}{\varepsilon - 1}$.

Vậy: Giá trị của D_1 để $\alpha_1 = \alpha_2$ là $D_1 = \frac{\varepsilon D_2}{\varepsilon - 1}$.

1.24. Hai điện tích $q_1 = 2.10^{-8}C$ và $q_2 = -8.10^{-8}C$ đặt tại A và B trong không khí, AB = 8cm. Một điện tích q_3 đặt ở C. Hỏi:

a) C ở đâu để q_3 cân bằng? Khi q_3 cân bằng, q_3 phải có dấu như thế nào để cân bằng này là cân bằng bền? không bền?

b) Dấu và độ lớn của q_3 để hệ cân bằng? Khi hệ cân bằng, thì cân bằng của hệ là bền hay không bền?

Bài giải

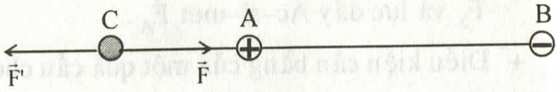
a) Vị trí của C để q_3 nằm cân bằng và dạng cân bằng

– Vị trí của C

+ Các lực điện tác dụng lên q_3: $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$.

+ Để q_3 nằm cân bằng thì: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{13} = -\vec{F}_{23} \Rightarrow \vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$ cùng phương, ngược chiều và cùng độ lớn: $F_{13} = F_{23} \Leftrightarrow k\frac{|q_1q_3|}{AC^2} = k\frac{|q_2q_3|}{BC^2}$.

$$\Rightarrow \left|\frac{q_1}{q_2}\right| = \left(\frac{AC}{BC}\right)^2 = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} < 1$$

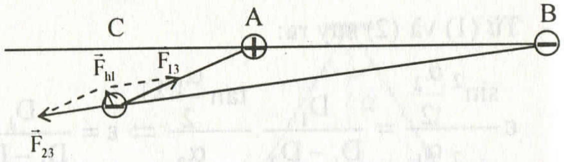


Từ đó:

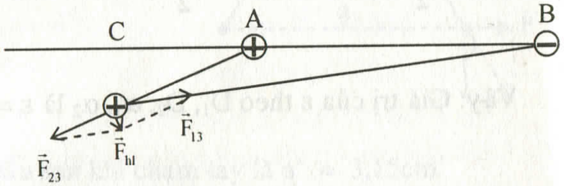
- C nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.
- $BC = 2AC = 2(BC - AB) \Rightarrow BC = 2AB = 2.8 = 16cm$ và $AC = \frac{1}{2}.16 = 8cm$.

– Dạng cân bằng:

+ Nếu $q_3 < 0$: Khi đưa q_3 lệch khỏi vị trí cân bằng thì hợp lực $(\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})$ sẽ có xu hướng đưa q_3 trở về vị trí cân bằng cũ nên đây là cân bằng bền.



+ Nếu $q_3 > 0$: Khi đưa q_3 lệch khỏi vị trí cân bằng thì hợp lực $(\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23})$ sẽ có xu hướng đưa q_3 ra xa vị trí cân bằng cũ nên đây là cân bằng không bền.



Vậy: Phải đặt q_3 tại C, với AC = 8cm; BC = 16cm thì q_3 sẽ nằm cân bằng và cân bằng đó là cân bằng bền hay không bền tuỳ thuộc vào dấu của q_3.

b) Dấu và độ lớn của q_3 để q_1, q_2 cũng cân bằng, dạng cân bằng của hệ

– Dấu và độ lớn của q_3 để hệ cân bằng

+ Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì: $\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{0}$ và $\vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = \vec{0} \Rightarrow F_{21} = F_{31}$ và $F_{12} = F_{32}$.

$$\Rightarrow k\frac{|q_2q_1|}{AB^2} = k\frac{|q_3q_1|}{AC^2} \text{ và } k\frac{|q_1q_2|}{AB^2} = k\frac{|q_3q_2|}{BC^2}$$

$$\Rightarrow |q_3| = |q_2|\left(\frac{AC}{AB}\right)^2 = |(-8.10^{-8})|\left(\frac{8}{8}\right)^2 = 8.10^{-8}C$$

+ Vì $q_1 > 0$; $q_2 < 0 \Rightarrow q_3 < 0$: $q_3 = -8.10^{-8}C$.

– Dạng cân bằng của hệ: Khi $q_3 < 0$, cân bằng của q_3, q_1, q_2 đều là cân bằng bền nên cân bằng của hệ là cân bằng bền.

Vậy: Để q_1 và q_2 cũng cân bằng thì $q_3 = -8.10^{-8}C$ và cân bằng của hệ là cân bằng bền.

1.25. Có 3 quả cầu cùng khối lượng m = 10g treo bằng 3 sợi dây mảnh cùng chiều dài *l* = 5cm vào cùng một điểm O. Khi tích cho mỗi quả cầu điện tích q, chúng đẩy nhau, cách nhau đoạn $a = 3\sqrt{3}$ cm. Tìm q? Cho $g = 10m/s^2$.

Bài giải

– Khi ba quả cầu cách nhau một đoạn a ⇒ hệ cân bằng. Vì hệ đối xứng nên chỉ cần xét một quả cầu, chẳng hạn quả cầu tại C.

– Với quả cầu tại C:

+ Các lực tác dụng lên quả cầu: các lực điện $\vec{F}_{13}, \vec{F}_{23}$; trọng lực $\vec{P}_3$ và lực căng dây $\vec{T}_3$.

+ Quả cầu cân bằng nên: $\vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} + \vec{P}_3 + \vec{T}_3 = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}'_3 + \vec{P}_3 + \vec{T}_3 = \vec{0}$

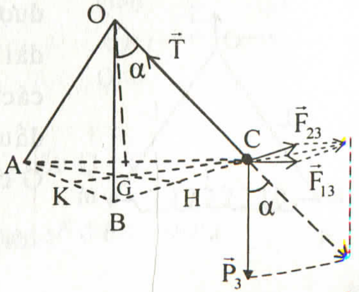
$\Rightarrow F'_3 = P_3\tan\alpha$, với $P_3 = mg$; $F'_3 = 2F_{13}\cos30^o = 2k\frac{q^2}{a^2}.\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2}$

$$\Rightarrow \sqrt{3}k\frac{q^2}{a^2} = mg.\tan\alpha \qquad (1)$$

– Tam giác OGC cho: $\tan\alpha = \frac{GC}{GO}$

với: $GC = \frac{2}{3}CK = \frac{2}{3}.\frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3}$; $\sqrt{OC^2 - GC^2} = \sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}$

$$\Rightarrow \tan\alpha = \frac{a\sqrt{3}}{3\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}} \quad (2)$$



– Từ (1) và (2) suy ra: $\sqrt{3}k\frac{q^2}{mga^2} = \frac{a\sqrt{3}}{3\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}}$

$$\Rightarrow |q| = a\sqrt{\frac{mga}{3k\sqrt{l^2 - \frac{a^2}{3}}}} = 3\sqrt{3}.10^{-2}.\sqrt{\frac{0{,}01.10.3\sqrt{3}.10^{-2}}{3.9.10^9\sqrt{(5.10^{-2})^2 - \frac{(3\sqrt{3}.10^{-2})^2}{3}}}}$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{\sqrt[4]{3^3}}{2}.10^{-7} = 1{,}14.10^{-7}C$$

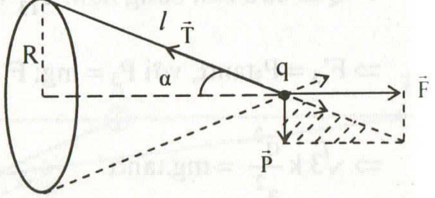
Vậy: Điện tích của mỗi quả cầu là $q = \pm 1{,}14.10^{-7}C$.

1.26. Một vòng dây bán kính R = 5cm tích điện Q phân bố đều trên vòng, vòng đặt trong mặt phẳng thẳng đứng. Quả cầu nhỏ m = 1g tích điện q = Q được treo bằng một dây mảnh cách điện vào điểm cao nhất của vòng dây. Khi cân bằng, quả cầu nằm trên trục của vòng dây. Chiều dài của dây treo quả cầu là l = 7,2cm, tính Q.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên quả cầu: trọng lực $\vec{P}$; lực điện $\vec{F}$; lực căng dây $\vec{T}$.
- Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$.
- Tam giác lực "gạch gạch" cho: $F = \frac{P}{\tan\alpha}$, với: $\vec{F} = \Sigma d\vec{F}$ (tổng các lực điện của các phần tử nhỏ của vòng dây tác dụng lên q)

$$P = mg;\ F = \Sigma dF.\cos\alpha = \frac{kq}{l^2}\Sigma dQ.\cos\alpha = \frac{kQ^2}{l^2}.\cos\alpha \quad (q = Q)$$



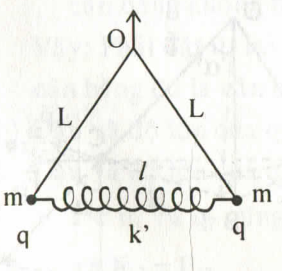
$$\Rightarrow \frac{kQ^2}{l^2}\cos\alpha = \frac{mg}{\tan\alpha}$$

$$\Rightarrow \frac{kQ^2}{l^2} = \frac{mg}{\sin\alpha} = \frac{mgl}{R} \quad (\sin\alpha = \frac{R}{l})$$

$$\Rightarrow |Q| = l\sqrt{\frac{mgl}{kR}} = 7{,}2.10^{-2}.\sqrt{\frac{10^{-3}.10.7{,}2.10^{-2}}{9.10^9.5.10^{-2}}} = 9.10^{-8}C.$$

Vậy: Điện tích của vòng dây là $Q = \pm 9.10^{-8}C$.

1.27. Hai quả cầu nhỏ cùng khối lượng m, được tích điện giống nhau q. Chúng được nối với nhau bằng một lò xo nhẹ cách điện, chiều dài tự nhiên của lò xo là l_0, độ cứng k'. Một sợi chỉ, cách điện, mảnh, nhẹ không dãn, có chiều dài 2L, mỗi đầu dây chỉ được gắn với một quả cầu. Cho điểm giữa O của sợi dây chỉ chuyển động thẳng đứng hướng lên với gia tốc $\vec{a}$, có độ lớn bằng $\frac{g}{2}$ (g gia tốc rơi tự do). Lò xo có chiều dài l ($2L > l > l_0$) như hình vẽ. Xác định giá trị của q?

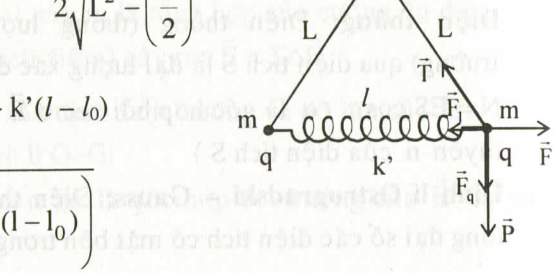


Bài giải

Vì hệ có tính đối xứng nên ta chỉ cần xét một quả cầu, chẳng hạn quả cầu bên phải (hình vẽ):

- Các lực tác dụng lên quả cầu: trọng lực $\vec{P}$; lực điện $\vec{F}$; lực đàn hồi $\vec{F}_1$; lực quán tính $\vec{F}_q$; lực căng dây $\vec{T}$.
- Quả cầu nằm cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{F} + \vec{F}_1 + \vec{F}_q + \vec{T} = \vec{0}$ (1)
- Từ (1) suy ra: $F - F_1 = (P + F_q)\tan\alpha$ (2)

$$\Rightarrow k\frac{q^2}{l^2} - k'(l - l_0) = (mg + m\frac{g}{2}).\frac{1}{2\sqrt{L^2 - \left(\frac{l}{2}\right)^2}}$$



$$\Rightarrow k\frac{q^2}{l^2} = \frac{3}{2}mg.\frac{1}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + k'(l - l_0)$$

$$\Rightarrow |q| = l\sqrt{\frac{1}{2k}\left(\frac{3mgl}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + 2k'(l - l_0)\right)}$$

Vậy: Điện tích của mỗi quả cầu là $|q| = l\sqrt{\frac{1}{2k}\left(\frac{3mgl}{\sqrt{4L^2 - l^2}} + 2k'(l - l_0)\right)}$.

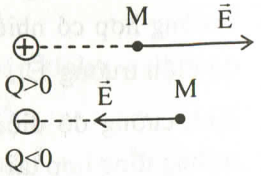
Chuyên đề 2: ĐIỆN TRƯỜNG

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Điện trường

1. Điện trường: Điện trường sinh ra bởi điện tích Q là vùng không gian tồn tại xung quanh điện tích Q và tác dụng lực điện lên điện tích khác đặt trong nó.

2. Cường độ điện trường: Cường độ điện trường do điện tích điểm Q gây ra tại điểm M cách Q một đoạn r có:

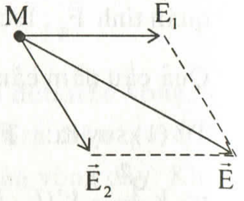


+ Điểm đặt: Tại M.
+ Phương: Đường thẳng nối Q và M.
+ Chiều: Hướng ra xa Q nếu Q > 0; hướng về Q nếu Q < 0.
+ Độ lớn: $E = \frac{k}{\varepsilon}.\frac{|Q|}{r^2}$ ($k = 9.10^9\ (\frac{Nm^2}{C^2})$; ε : hằng số điện môi).

3. Mối quan hệ giữa cường độ điện trường lực điện trường: Khi đặt điện tích thử q trong điện trong điện trường $\vec{E}$ thì q sẽ chịu tác dụng của lực điện trường $\vec{F}$, với:

+ Chiều: q > 0: $\vec{F}$, $\vec{E}$ cùng chiều; q < 0: $\vec{F}$, $\vec{E}$ ngược chiều.

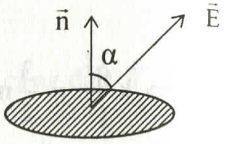
+ Độ lớn: $F = |q|E$.



4. Nguyên lí chồng chất điện trường: Nếu trong không gian có nhiều điện tích điểm Q_1, Q_2, ... thì điện trường tổng hợp do các điện tích này gây ra tại điểm M cách Q_1, Q_2, ... lần lượt là r_1, r_2, ... là:

$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ...$

II. Định lí Ostrogradski – Gauss



1. Điện thông: Điện thông (thông lượng điện trường) qua diện tích S là đại lượng xác định bởi:

$N = ES.\cos\alpha$ (α là góc hợp bởi vectơ $\vec{E}$ và pháp tuyến $\vec{n}$ của diện tích S)

2. Định lí Ostrogradski – Gauss: Điện thông qua mặt kín có giá trị bằng tổng đại số các điện tích có mặt bên trong mặt đó chia cho ε_0:

$$N = \frac{1}{\varepsilon_0}\Sigma q_i = 4\pi k \Sigma q_i$$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Cần phân biệt giữa yêu cầu "tính" và "xác định" cường độ điện trường: tính (tính độ lớn), xác định (cả điểm đặt, phương, chiều và độ lớn).

– Khi biểu diễn vectơ cường độ điện trường do một điện tích điểm gây ra cần chú ý đến dấu của điện tích: Q>0 ($\vec{E}$ hướng xa Q), Q<0 ($\vec{E}$ hướng về Q). Công thức tính cường độ điện trường do điện tích điểm gây ra cũng được dùng để tính cường độ điện trường do một quả cầu tích điện phân bố đều gây ra với r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm ta xét.

– Trường hợp có nhiều điện tích điểm Q_1, Q_2,... gây ra tại điểm M các cường độ điện trường $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$,... thì ta dùng nguyên lí chồng chất điện trường để xác định cường độ điện trường tổng hợp tại M. Để tính độ lớn cường độ điện trường tổng hợp tại M cần chú ý các trường hợp đặc biệt sau:

+ Nếu $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ cùng chiều thì $E = E_1 + E_2$.

+ Nếu $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ ngược chiều thì $E = |E_1 - E_2|$.

+ Nếu $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ vuông góc thì $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$.

+ Nếu $(\vec{E}_1, \vec{E}_2) = \alpha$ và $E_1 = E_2$ thì $E = 2E_1.\cos\frac{\alpha}{2}$.

– Trường hợp điện tích nằm cân bằng trong điện trường thì từ điều kiện cân bằng về lực: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... = \vec{0}$ ta có thể dựa vào phương pháp "tam giác lực", phương pháp hình chiếu như đã dùng ở chuyên đề 1 để xác định các đại lượng cần tìm theo các đại lượng đã cho.

– Đối với những vật có kích thước (có hình dạng đặc biệt), để tính cường độ điện trường do vật đó gây ra ta có thể dùng một trong hai cách sau:

+ *Cách 1*: Phương pháp vi phân:

- Chia vật thành nhiều vật rất nhỏ, mỗi vật nhỏ đó được coi như một điện tích điểm.
- Cường độ điện trường do vật gây ra là tổng hợp của cường độ điện trường do nhiều vật rất nhỏ (điện tích điểm) gây ra: $\vec{E} = \Sigma\Delta\vec{E}_i$
- Từ tính đối xứng của vật ta xác định được hướng và độ lớn của $\vec{E}$.

+ *Cách 2*: Phương pháp dùng định lí O–G:

- Tính điện thông: $N = ES.\cos\alpha$ (α là góc hợp bởi hướng của $\vec{E}$ và hướng pháp tuyến $\vec{n}$ của S).
- Dùng định lí O–G: $N = \frac{1}{\varepsilon_0}\Sigma q_i = 4\pi k\Sigma q_i$

C. CÁC BÀI TẬP VỀ ĐIỆN TRƯỜNG

1. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO ĐIỆN TÍCH ĐIỂM GÂY RA. LỰC ĐIỆN TRƯỜNG TÁC DỤNG LÊN ĐIỆN TÍCH ĐIỂM

2.1. Quả cầu bằng kim loại, bán kính R = 5cm được tích điện dương q, phân bố đều.

Ta đặt $\sigma = \frac{q}{S}$ là mật độ điện mặt (S: diện tích mặt cầu)

Cho $\sigma = 8{,}84.10^{-5}$ C/m². Hãy tính độ lớn của cường độ điện trường tại điểm cách bề mặt quả cầu đoạn 5cm.

Bài giải

Chọn mặt Gauss là mặt cầu S' đồng tâm với quả cầu, bán kính r = 10cm.

– Điện thông qua mặt S' là: $N = ES'.\cos\alpha = ES' = E.4\pi r^2$.

– Theo định lí O–G ta có: $N = 4\pi k\Sigma q_i = 4\pi k\sigma S = 4\pi k\sigma.4\pi R^2 = 16\pi^2R^2k\sigma$.

$$\Rightarrow E.4\pi r^2 = 16\pi^2R^2k\sigma \Rightarrow E = 4\pi k(\frac{R}{r})^2\sigma$$

$$\Rightarrow E = 4.3{,}14.9.10^9.(\frac{5}{10})^2.8{,}85.10^{-5} = 2{,}5.10^6 \text{ V/m}.$$

Vậy: Độ lớn của cường độ điện trường tại điểm cách bề mặt quả cầu đoạn 5cm là $E = 2{,}6.10^6$ V/m.

2.2. Prôtôn được đặt vào điện trường đều $E = 1{,}7.10^6$V/m.

a) Tính gia tốc của prôtôn, biết $m_p = 1{,}7.10^{-27}$kg.

b) Tính vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường 20cm (vận tốc đầu bằng không).

Bài giải

a) Gia tốc của prôtôn: Bỏ qua trọng lực tác dụng vào prôtôn, gia tốc của prôtôn là:

$$a = \frac{F}{m_p} = \frac{|q|E}{m_p} = \frac{1{,}6.10^{-19}.1{,}7.10^6}{1{,}7.10^{-27}} = 1{,}6.10^{14}\ \text{m/s}^2$$

Vậy: Gia tốc của prôtôn trong điện trường là $a = 1{,}6.10^{14}$ m/s².

b) Vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường 20cm

Ta có: $v^2 - v_0^2 = 2as \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + 2as} = \sqrt{0^2 + 2.1{,}6.10^{14}.0{,}2} = 8.10^6$ m/s

Vậy: Vận tốc prôtôn sau khi đi được đoạn đường 20cm là $v = 8.10^6$ m/s.

2.3. Êlectrôn đang chuyển động với vận tốc $v_0 = 4.10^6$m/s thì đi vào một điện trường đều, cường độ điện trường $E = 910$ V/m, $\vec{v}_0$ cùng chiều đường sức điện trường. Tính gia tốc và quãng đường êlectrôn chuyển động chậm dần đều cùng chiều đường sức. Mô tả chuyển động của êlectrôn sau đó.

Bài giải

– Vì êlectron mang điện tích âm nên lực điện trường $\vec{F}$ tác dụng lên êlectron sẽ ngược chiều với chiều điện trường $\vec{E}$ nghĩa là ngược chiều với chiều chuyển động của êlectron nên êlectron sẽ chuyển động chậm dần đều, cùng chiều với chiều đường sức điện trường với gia tốc:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{-eE}{m} = \frac{(-1{,}6.10^{-19}).910}{9{,}1.10^{-31}} = -1{,}6.10^{14}\ \text{m/s}^2$$

và quãng đường: $s = \dfrac{v^2 - v_0^2}{2a} = \dfrac{0 - (4.10^6)^2}{2.(-1{,}6.10^{14})} = 0{,}05\text{m} = 5\text{cm}$

– Sau khi dừng lại, dưới tác dụng của lực điện trường, êlectron sẽ thu gia tốc a' ($a' = -a = 1{,}6.10^{14}$m/s²) và chuyển động nhanh dần đều theo chiều ngược lại (ngược chiều với điện trường).

2. SỰ CHỒNG CHẤT ĐIỆN TRƯỜNG – ĐIỆN TÍCH CÂN BẰNG TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

2.4. Cho hai điện tích $q_1 = 4.10^{-10}$C, $q_2 = -4.10^{-10}$C đặt ở A, B trong không khí, $AB = a = 2$cm. Xác định vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ tại:

a) H, trung điểm AB.

b) M cách A 1cm, cách B 3cm.

c) N hợp với A, B thành tam giác đều.

Bài giải

a) Vectơ cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

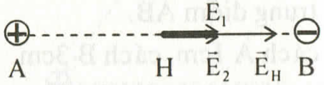
Ta có: $\vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $\vec{E}_1$ cùng chiều với $\vec{E}_2$ nên $E_H = E_1 + E_2$.

với $E_1 = k\dfrac{|q_1|}{AH^2}$; $E_2 = k\dfrac{|q_2|}{BH^2}$; $AH = BH = \dfrac{AB}{2} = \dfrac{a}{2} = \dfrac{2}{2} = 1\text{cm} = 10^{-2}\text{m}$

$$\Rightarrow E_H = 9.10^9.\frac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} + 9.10^9.\frac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 72.10^3\ \text{V/m}$$

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại H có:



+ điểm đặt: tại H.

+ phương: đường thẳng AB.

+ chiều: từ A đến B (cùng chiều với $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_2$).

+ độ lớn: $E_H = 72.10^3$ V/m.

b) Vectơ cường độ điện trường tại điểm M

Ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

– Vì AM = AB + BM ⇒ M nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

– Vì $\vec{E}_1$ ngược chiều với $\vec{E}_2$ nên $E_M = |E_1 - E_2|$.

với $E_1 = k\dfrac{|q_1|}{AM^2} = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36.10^3$ V/m.

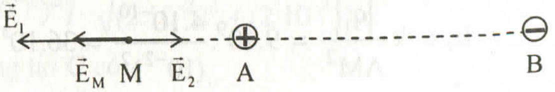
$E_2 = k\dfrac{|q_2|}{BM^2} = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(3.10^{-2})^2} = 4.10^3$ V/m.

$$\Rightarrow E_M = |36.10^3 - 4.10^3| = 32.10^3\ \text{V/m}$$

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại M có:

+ điểm đặt: tại M.

+ phương: đường thẳng AB.



+ chiều: hướng ra xa A (cùng chiều với $\vec{E}_1$ do $E_1 > E_2$).

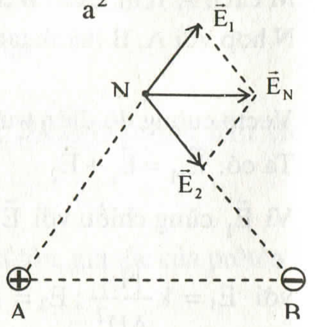
+ độ lớn: $E_M = 32.10^3$ V/m.

c) Vectơ cường độ điện trường tại điểm N

Ta có: $\vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2|$; NA = NB = a; α = 120° $\Rightarrow E_N = E_1 = E_2 = k\dfrac{|q_1|}{a^2}$

$\Rightarrow E_N = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(2.10^{-2})^2} = 9.10^3$ V/m



Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại N có:

+ điểm đặt: tại N.
+ phương: đường thẳng AB.
+ chiều: từ A đến B.
+ độ lớn: $E_N = 9.10^3$ V/m.

2.5. Cho hai điện tích $q_1 = q_2 = 4.10^{-10}$C đặt ở A, B trong không khí, AB = a = 2cm. Xác định vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ tại:

a) H, trung điểm AB.
b) M cách A 1cm, cách B 3cm.
c) N hợp với A, B thành tam giác đều.

Bài giải

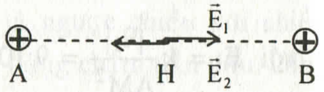
a) Vectơ cường độ điện trường tại trung điểm H của AB

Ta có: $\vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $\vec{E}_1$ ngược chiều với $\vec{E}_2$ nên $E_H = |E_1 - E_2|$.

với $E_1 = k\dfrac{|q_1|}{AH^2}$; $E_2 = k\dfrac{|q_2|}{BH^2}$; $AH = BH = \dfrac{AB}{2} = \dfrac{a}{2} = \dfrac{2}{2} = 1\text{cm} = 10^{-2}$m

$\Rightarrow E_H = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} - 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 0$



Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại H có độ lớn bằng 0.

b) Vectơ cường độ điện trường tại điểm M

Ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

– Vì AM = AB + BM ⇒ M nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, về phía A.

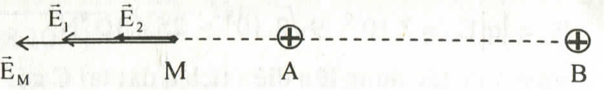
– Vì $\vec{E}_1$ cùng chiều với $\vec{E}_2$ nên $E_M = E_1 + E_2$.

với $E_1 = k\dfrac{|q_1|}{AM^2} = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(10^{-2})^2} = 36.10^3$ V/m.

$E_2 = k\dfrac{|q_2|}{BM^2} = 9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(3.10^{-2})^2} = 4.10^3$ V/m.

$\Rightarrow E_M = 36.10^3 + 4.10^3 = 40.10^3$ V/m

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại M có:



+ điểm đặt: tại M.
+ phương: đường thẳng AB.
+ chiều: hướng ra xa A.
+ độ lớn: $E_M = 40.10^3$ V/m.

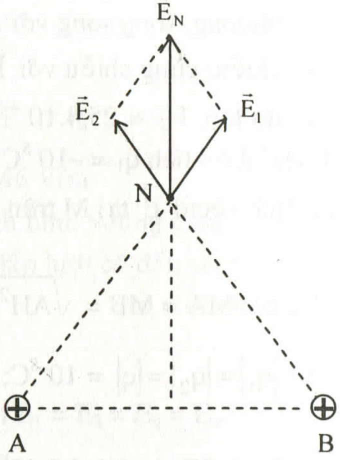
c) Vectơ cường độ điện trường tại điểm N

Ta có: $\vec{E}_N = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2|$; NA = NB = a; α = 60°

$\Rightarrow E_N = 2E_1\cos30° = 2k\dfrac{|q_1|}{a^2}\cos30°$

$\Rightarrow E_N = 2.9.10^9.\dfrac{4.10^{-10}}{(2.10^{-2})^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{2} \approx 15{,}6.10^3$ V/m



Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại N có:

+ điểm đặt: tại N.
+ phương: vuông góc với AB.
+ chiều: hướng ra xa AB.
+ độ lớn: $E_N \approx 15{,}6.10^3$ V/m.

2.6. Hai điện tích $q_1 = 8.10^{-8}$C, $q_2 = -8.10^{-8}$C đặt tại A, B trong không khí, AB = 4cm. Tìm vectơ cường độ điện trường tại C trên trung trực AB, cách AB 2cm, suy ra lực tác dụng lên $q = 2.10^{-9}$C đặt ở C.

Bài giải

– Vectơ cường độ điện trường tại điểm C

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

Vì $|q_1| = |q_2|$; $CA = CB = \sqrt{CH^2 + AH^2}$; $\cos\dfrac{\alpha}{2} = \cos A = \dfrac{AH}{CA} = \dfrac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$

$\Rightarrow E_C = 2E_1\cos\dfrac{\alpha}{2} = 2k\dfrac{|q_1|}{(CH^2 + AH^2)}.\dfrac{AH}{\sqrt{CH^2 + AH^2}}$

$\Rightarrow E_C = 2.9.10^9\dfrac{8.10^{-8}}{[(2.10^{-2})^2 + (2.10^{-2})^2]}.\dfrac{2.10^{-2}}{\sqrt{(2.10^{-2})^2 + (2.10^{-2})^2}} = 9\sqrt{2}.10^5$ (V/m)

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại C có:

+ điểm đặt: tại C.
+ phương: song song với AB.
+ chiều: từ A đến B.
+ độ lớn: $E_C = 9\sqrt{2}.10^5$ (V/m).

– Độ lớn lực tác dụng lên q đặt tại C:

$F_C = |q|E_C = 2.10^{-9}.\ 9\sqrt{2}.10^5 \approx 25,4.10^{-4}N.$

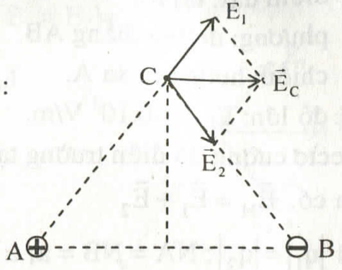
Vậy: Lực tác dụng lên điện tích q đặt tại C có:

+ điểm đặt: tại C.

+ phương: song song với AB.

+ chiều: cùng chiều với $\vec{E}_C$ (do q > 0).

+ độ lớn: $F_C \approx 25,4.10^{-4}N.$



2.7. Hai điện tích $q_1 = -10^{-8}C$, $q_2 = 10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí, AB = 6cm. Xác định vectơ $\vec{E}$ tại M trên trung trực AB, cách AB = 4cm.

Bài giải

Ta có: $MA = MB = \sqrt{AH^2 + HM^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5cm.$

Vì $|q_1| = |q_2| = |q| = 10^{-8}C$; $\cos\alpha = \frac{AH}{MA} = \frac{3}{5}$ nên $E_1 = E_2 = k\frac{|q|}{MA^2}$

$\Rightarrow E_M = 2E_1\cos\alpha = 2.9.10^9.\frac{10^{-8}}{(5.10^{-2})^2}.\frac{3}{5}$

$= 0,432.10^5$ V/m.

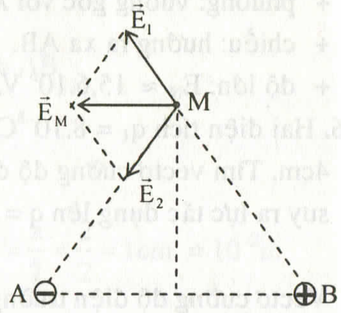
Vậy: Cường độ điện trường tại điểm M có:

+ điểm đặt: tại M.

+ phương: song song với AB.

+ chiều: từ B đến A.

+ độ lớn: $E_M = 0,432.10^5$ V/m.



2.8. Tại 3 đỉnh tam giác ABC vuông tại A cạnh a = 50cm, b = 40cm, c = 30cm. Ta đặt các điện tích $q_1 = q_2 = q_3 = 10^{-9}C$. Xác định E tại H, H là chân đường cao kẻ từ A.

Bài giải

Ta có: $CH = b.\cos C = b.\frac{b}{a} = \frac{b^2}{a} = \frac{40^2}{50} = 32cm.$

$BH = a - HC = 50 - 32 = 18cm.$

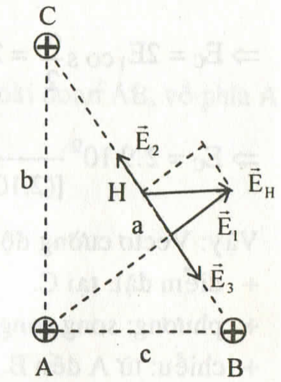
$AH = \sqrt{HB.HC} = \sqrt{32.18} = 24cm.$

– Độ lớn của cường độ điện trường tại H:

$\vec{E}_H = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{23}.$

– Vì $\vec{E}_1 \perp \vec{E}_{23} \Rightarrow E_H = \sqrt{E_1^2 + E_{23}^2} = \sqrt{E_1^2 + (E_2 - E_3)^2}.$

Với: $E_1 = \quad = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{(24.10^{-2})^2} = \frac{9.10^4}{576}$ V/m.



$E_2 = k\frac{|q_2|}{BH^2} = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{(18.10^{-2})^2} = \frac{10^4}{36}$ V/m.

$E_3 = k\frac{|q_3|}{CH^2} = 9.10^9.\frac{10^{-9}}{(32.10^{-2})^2} = \frac{9.10^4}{1024}$ V/m.

$\Rightarrow E_H = \sqrt{\left(\frac{9.10^4}{576}\right)^2 + \left(\frac{10^4}{36} - \frac{9.10^4}{1024}\right)^2} = 246$ V/m.

Vậy: Độ lớn cường độ điện trường tại H là $E_H = 246$ V/m.

2.9. Cho bốn điện tích cùng độ lớn q đặt tại bốn đỉnh hình vuông cạnh a. Tìm E tại tâm O hình vuông trong trường hợp bốn điện tích lần lượt có dấu sau:

a) + + + +. b) + – + –. c) + – – +.

Bài giải

Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = \frac{a\sqrt{2}}{2}$ nên $E_1 = E_2 = E_3 = E_4$.

a) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + + + +:

$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24} \Rightarrow E_O = 0$

Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + + + + thì $E_O = 0$.

b) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + – + –:

$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24} \Rightarrow E_O = 0$

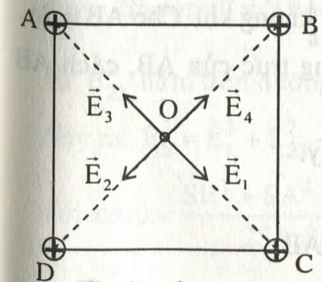
Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + – + – thì $E_O = 0$.

c) Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + – – +:

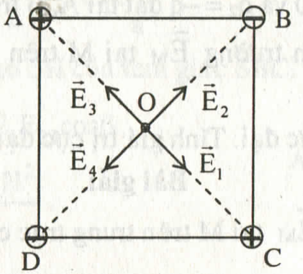
$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_{24}$

$\Rightarrow E_O = 2E_{13}\cos 45^\circ = 2.2E_1\cos 45^\circ = 4k\frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = 4\sqrt{2}\frac{kq}{a^2}.$

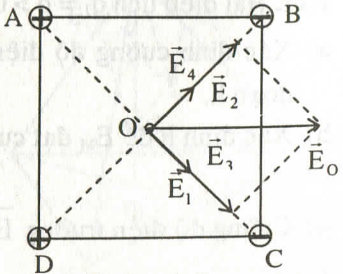
Vậy: Trường hợp dấu của các điện tích lần lượt là + – – + thì $E_O = 4\sqrt{2}\frac{kq}{a^2}$.



Trường hợp a



Trường hợp b



Trường hợp c

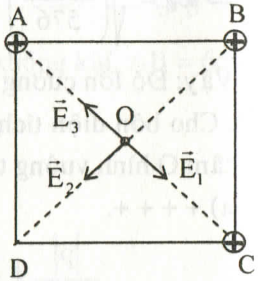
2.10. Tại ba đỉnh A, B, C của hình vuông ABCD cạnh a đặt 3 điện tích q giống nhau (q > 0). Tính E tại:

a) Tâm O hình vuông. b) Đỉnh D.

Bài giải

a) Cường độ điện trường tại tâm O:

– Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q$; $r_1 = r_2 = r_3 = \dfrac{a\sqrt{2}}{2}$ nên $E_1 = E_2 = E_3$.



$\vec{E}_O = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$

– Vì $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_3$ ngược chiều nên $\vec{E}_{13} = \vec{0}$ nên $E_O = E_2$.

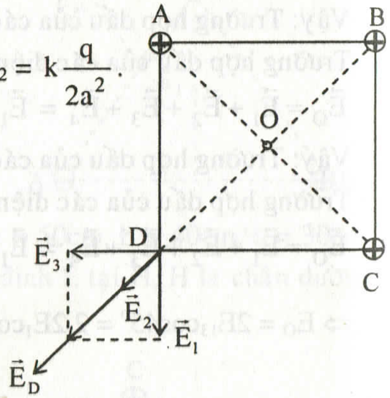
$\Rightarrow E_O = k\dfrac{q}{\left(\dfrac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} = \dfrac{2kq}{a^2}$.

Vậy: Cường độ điện trường tại tâm O là $E_O = \dfrac{2kq}{a^2}$.

b) Cường độ điện trường tại đỉnh D

Ta có: $\vec{E}_D = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_{13} + \vec{E}_2$

– Vì $r_1 = r_3 = a$; $r_2 = a\sqrt{2}$ nên $E_1 = E_3 = k\dfrac{q}{a^2}$; $E_2 = k\dfrac{q}{2a^2}$.



– Mặt khác, vì $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_3$ vuông góc nhau nên:

$E_{13} = E_1\sqrt{2} = k\dfrac{\sqrt{2}q}{a^2}$

– Vì $\vec{E}_{13}$ và $\vec{E}_2$ cùng chiều nên: $E_D = E_{13} + E_2$

$\Rightarrow E_D = k\dfrac{\sqrt{2}q}{a^2} + k\dfrac{q}{2a^2} = (\sqrt{2} + \dfrac{1}{2})\dfrac{kq}{a^2}$.

Vậy: Cường độ điện trường tại đỉnh D là $E_D = (\sqrt{2} + \dfrac{1}{2})\dfrac{kq}{a^2}$.

2.11. Hai điện tích $q_1 = q > 0$ và $q_2 = -q$ đặt tại A, B trong không khí. Cho AB = 2a.

a) Xác định cường độ điện trường $\vec{E}_M$ tại M trên trung trực của AB, cách AB đoạn h.

b) Xác định h để E_M đạt cực đại. Tính giá trị cực đại này.

Bài giải

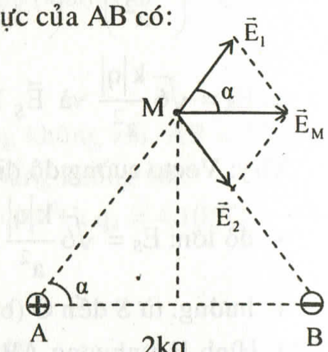
a) Cường độ điện trường $\vec{E}_M$ tại M trên trung trực của AB

Ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Vì $|q_1| = |q_2| = q$; AM = BM nên

$E_1 = E_2 = k\dfrac{q}{AM^2} = k\dfrac{q}{a^2 + h^2}$; $\cos\alpha = \cos A = \dfrac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}$.

$\Rightarrow E_M = 2E_1\cos\alpha = 2k\dfrac{q}{a^2 + h^2}.\dfrac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} = 2\dfrac{kqa}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$

Vậy: Cường độ điện trường $\vec{E}_M$ tại M trên trung trực của AB có:



+ điểm đặt: tại M.

+ phương: song song với AB.

+ chiều: từ A đến B.

+ độ lớn: $E_M = 2\dfrac{kqa}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$.

b) Giá trị của h để E_M đạt cực đại

Từ $E_M = 2\dfrac{kqa}{(a^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}}$ suy ra E_M cực đại khi h = 0 và $E_{M(max)} = \dfrac{2kq}{a^2}$.

Vậy: Để E_M cực đại thì h = 0 và $E_{M(max)} = \dfrac{2kq}{a^2}$.

2.12. Tại ba đỉnh ABC của tứ diện đều SABC cạnh a trong chân không có ba điện tích điểm q giống nhau (q < 0). Tính độ lớn cường độ điện trường tại đỉnh S của tứ diện. Xác định hướng của cường độ điện trường này.

Bài giải

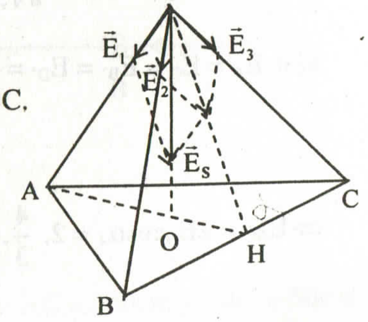
Ta có: $\vec{E}_S = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 = \vec{E}_1 + \vec{E}_{23}$.

– Vì $q_1 = q_2 = q_3 = q < 0$; $r_1 = r_2 = r_3 = a$ nên $E_1 = E_2 = E_3 = k\dfrac{|q|}{a^2}$.

– Vì $\alpha = (\vec{E}_2, \vec{E}_3) = 60^o$ nên

$E_{23} = 2E_2\cos30^o = 2k\dfrac{|q|}{a^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}k\dfrac{|q|}{a^2}$

và $\vec{E}_{23}$ nằm trên đường cao SH của tam giác SBC.



Suy ra: $E_S^2 = E_1^2 + E_{23}^2 + 2E_1E_{23}\cos\beta$,

với $\cos\beta = \dfrac{SH^2 + SA^2 - AH^2}{2SA.SH}$.

$$\Rightarrow \cos\beta = \frac{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2 + a^2 - \left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2}{2a.\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\Rightarrow E_S^2 = \left(k\frac{|q|}{a^2}\right)^2 + \left(\sqrt{3}k\frac{|q|}{a^2}\right)^2 + 2.\left(k\frac{|q|}{a^2}\right).\left(\sqrt{3}k\frac{|q|}{a^2}\right).\frac{\sqrt{3}}{3} = 6\left(k\frac{|q|}{a^2}\right)^2$$

$\Rightarrow E_S = \sqrt{6}\dfrac{k|q|}{a^2}$ và $\vec{E}_S$ hướng về tâm tam giác ABC.

Vậy: Vectơ cường độ điện trường tại đỉnh S của tứ diện có:

+ độ lớn: $E_S = \sqrt{6}\dfrac{k|q|}{a^2}$.

+ hướng: từ S đến O (bạn đọc tự chứng minh!).

2.13. Hình lập phương ABCDA'B'C'D' cạnh a trong chân không. Hai điện tích $q_1 = q_2 = q > 0$ đặt ở A, C; hai điện tích $q_3 = q_4 = -q$ đặt ở B', D'. Tính độ lớn cường độ điện trường tại tâm O hình lập phương.

Bài giải

Ta có: $\vec{E}_O = \vec{E}_A + \vec{E}_C + \vec{E}_{B'} + \vec{E}_{D'} = \vec{E}_{AC} + \vec{E}_{B'D'}$

với $AC' = A'C = \sqrt{AA'^2 + A'C'^2} = \sqrt{a^2 + (a\sqrt{2})^2}$

$= a\sqrt{3}$

$\Rightarrow AO = CO = B'O = D'O = \dfrac{AC'}{2} = \dfrac{a\sqrt{3}}{2}$

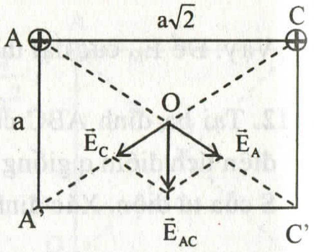
– Vì $|q_1| = |q_2| = |q_3| = |q_4| = q > 0$;

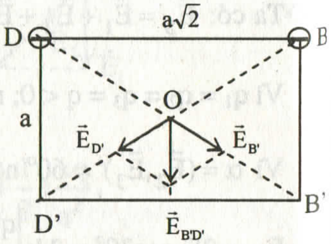
AO = CO = B'O = D'O;

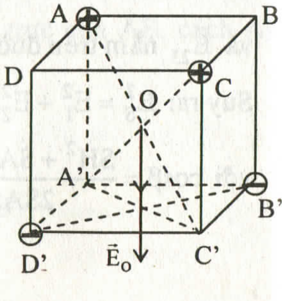
$\cos\alpha_1 = \cos\alpha_2 = \dfrac{CC'}{CA'} = \dfrac{a}{a\sqrt{3}} = \dfrac{\sqrt{3}}{3}$.

nên $E_A = E_C = E_{B'} = E_{D'} = k\dfrac{|q|}{\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}\right)^2} = \dfrac{4}{3}.\dfrac{k|q|}{a^2}$

$\Rightarrow E_{AC} = 2E_A\cos\alpha_1 = 2.\dfrac{4}{3}.\dfrac{k|q|}{a^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{3} = \dfrac{8\sqrt{3}}{9}.\dfrac{k|q|}{a^2}$







và $E_{B'D'} = 2E_{B'}\cos\alpha_2 = 2.\dfrac{4}{3}.\dfrac{k|q|}{a^2}.\dfrac{\sqrt{3}}{3} = \dfrac{8\sqrt{3}}{9}.\dfrac{k|q|}{a^2}$

– Vì $\vec{E}_{AC}$ cùng chiều với $\vec{E}_{B'D'}$ nên $E_O = E_{AC} + E_{B'D'}$

$$\Rightarrow E_O = \frac{8\sqrt{3}}{9}.\frac{k|q|}{a^2} + \frac{8\sqrt{3}}{9}.\frac{k|q|}{a^2} = \frac{16\sqrt{3}}{9}.\frac{k|q|}{a^2}$$

Vậy: Độ lớn cường độ điện trường tại tâm O hình lập phương là

$E_O = \dfrac{16\sqrt{3}}{9}.\dfrac{k|q|}{a^2}$.

2.14. Cho hai điện tích điểm q_1 và q_2 đặt ở A, B trong không khí, AB = 100cm. Tìm điểm C tại đó cường độ điện trường tổng hợp bằng không với:

a) $q_1 = 36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$. b) $q_1 = -36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$.

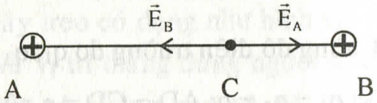
Bài giải

a) Khi $q_1 = 36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Để $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$, suy ra:

+ C nằm trong đoạn AB (vì q_1, q_2 cùng dấu).

+ $E_1 = E_2 \Leftrightarrow k\dfrac{|q_1|}{AC^2} = k\dfrac{|q_2|}{BC^2}$.



$\Rightarrow \dfrac{AC}{BC} = \sqrt{\dfrac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\dfrac{36.10^{-6}}{4.10^{-6}}} = 3$ (1)

và AC + BC = AB = 100cm (2)

⇒ AC = 75cm và BC = 25cm

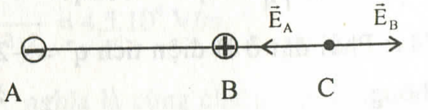
Vậy: Khi $q_1 = 36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$, để $\vec{E}_C = \vec{0}$ thì AC = 75cm và BC = 25cm.

b) Khi $q_1 = -36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$

Ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. Để $\vec{E}_C = \vec{0} \Rightarrow \vec{E}_1 = -\vec{E}_2$, suy ra:

+ C nằm ngoài đoạn AB, về phía B (vì q_1, q_2 trái dấu; $|q_1| > |q_2|$).

+ $E_1 = E_2 \Leftrightarrow k\dfrac{|q_1|}{AC^2} = k\dfrac{|q_2|}{BC^2}$.



$\Rightarrow \dfrac{AC}{BC} = \sqrt{\dfrac{|q_1|}{|q_2|}} = \sqrt{\dfrac{36.10^{-6}}{4.10^{-6}}} = 3$ (3)

và AC – BC = AB = 100cm (4)

⇒ AC = 150cm và BC = 50cm

Vậy: Khi $q_1 = -36.10^{-6}C$; $q_2 = 4.10^{-6}C$, để $\vec{E}_C = \vec{0}$ thì AC = 150cm và BC = 50cm.

2.15. Cho hai điện tích q_1, q_2 đặt tại A và B, AB = 2cm. Biết $q_1 + q_2 = 7.10^{-8}C$ và điểm C cách q_1 6cm, cách q_2 8cm có cường độ điện trường E = 0. Tìm q_1, q_2.

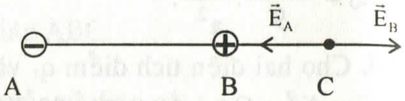
Bài giải

Ta có: + AB + BC = AC ⇒ C nằm ngoài đoạn AB nên q_1 và q_2 trái dấu.

$+ BC > AC \Rightarrow |q_2| > |q_1|$.

Vì $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0} \Rightarrow E_1 = E_2 \Leftrightarrow k\dfrac{|q_1|}{AC^2} = k\dfrac{|q_2|}{BC^2}$

$$\Rightarrow \frac{|q_2|}{|q_1|} = \frac{BC^2}{AC^2} = \frac{8^2}{6^2} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$



$$\Rightarrow q_2 = -\frac{16}{9}q_1 \qquad (1)$$

và $q_1 + q_2 = 7.10^{-8}C \Rightarrow q_1 = -9.10^{-8}C$ và $q_2 = 16.10^{-8}C$.

Vậy: Giá trị các điện tích q_1, q_2 là $q_1 = -9.10^{-8}C$ và $q_2 = 16.10^{-8}C$.

2.16 Cho hình vuông ABCD, tại A và C đặt các điện tích $q_1 = q_3 = q$. Hỏi phải đặt ở B điện tích bao nhiêu để cường độ điện trường ở D bằng không?

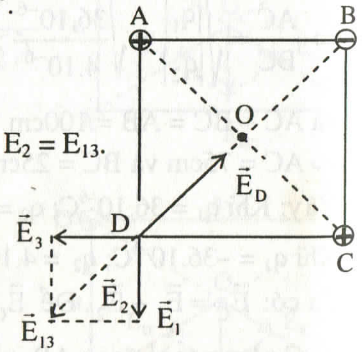
Bài giải

- Cường độ điện trường do q_1, q_3 gây ra tại D là: $\vec{E}_{13} = \vec{E}_1 + \vec{E}_3$.

Vì $q_1 = q_3 = q$; AD = CD = a nên $E_{13} = 2E_1\cos45^o$.

$$\Rightarrow E_{13} = 2k\frac{|q|}{a^2}.\frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2}k\frac{|q|}{a^2}$$

- Để $E_D = 0$ thì phải đặt tại B điện tích q' sao cho $E_2 = E_{13}$.



Giả sử q > 0

$$\Rightarrow k\frac{|q|}{BD^2} = \sqrt{2}k\frac{|q|}{a^2}$$

$$\Rightarrow k\frac{|q'|}{(a\sqrt{2})^2} = \sqrt{2}k\frac{|q|}{a^2}$$

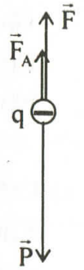
$$\Rightarrow |q'| = 2\sqrt{2}|q| \Rightarrow q' = -2\sqrt{2}q.$$

Vậy: Phải đặt ở B điện tích $q' = -2\sqrt{2}q$ để cường độ điện trường ở D bằng không.

2.17. Một hòn bi nhỏ bằng kim loại được đặt trong dầu. Bi có thể tích $V = 10mm^3$, khối lượng $m = 9.10^{-5}kg$. Dầu có khối lượng riêng $D = 800kg/m^3$. Tất cả được đặt trong một điện trường đều, $\vec{E}$ hướng thẳng đứng từ trên xuống, $E = 4{,}1.10^5V/m$. Tìm điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu. Cho $g = 10m/s^2$.

Bài giải

- Các lực tác dụng lên hòn bi:
  - + Trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$ (hướng xuống).
  - + Lực đẩy Ac–si–met $\vec{F}_A = -DV\vec{g}$ (hướng lên).
  - + Lực điện trường: $\vec{F} = q\vec{E}$ (hướng xuống nếu q > 0; hướng lên nếu q < 0).
- Hòn bi nằm cân bằng (lơ lửng) khi: $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P'} + \vec{F} = \vec{0}$
- Vì $P > F_A$ nên $P' = P - F_A \Rightarrow \vec{F}$ phải hướng lên ⇒ q < 0 và $F = P - F_A$.



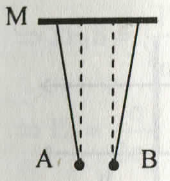
$$\Rightarrow |q|E = mg - DVg$$

$$\Rightarrow |q| = \frac{mg - DVg}{E} = \frac{9.10^{-5}.10 - 800.10^{-8}.10}{4{,}1.10^5} = 2.10^{-9}C$$

Vì q < 0 nên $q = -2.10^{-9}C$.

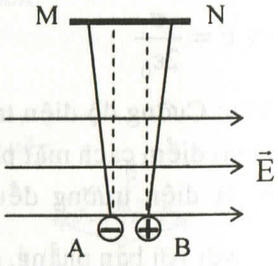
Vậy: Điện tích của bi để nó cân bằng lơ lửng trong dầu là $q = -2.10^{-9}C$.

2.18. Hai quả cầu nhỏ A và B mang những điện tích lần lượt $-2.10^{-9}C$ và $2.10^{-9}C$ được treo ở đầu hai sợi dây tơ cách điện dài bằng nhau. Hai điểm treo dây M và N cách nhau 2cm; khi cân bằng, vị trí các dây treo có dạng như hình vẽ. Hỏi để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng người ta phải dùng một điện trường đều có hướng nào và độ lớn bao nhiêu?



Bài giải

- Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải tác dụng lực điện trường ngược chiều với lực tĩnh điện và cùng độ lớn với lực tĩnh điện: F' = F.



- Với quả cầu A: $|q|E = k\dfrac{q^2}{AB^2}$

$$\Rightarrow E = k\frac{|q|}{AB^2} = k\frac{|q|}{MN^2} = 9.10^9.\frac{2.10^{-9}}{(2.10^{-2})^2} = 4{,}5.10^4 \text{ V/m.}$$

và vì $q_1 < 0$ nên $\vec{E}$ ngược chiều với $\vec{F'}$ nghĩa là cùng chiều với $\vec{F}$ (hướng từ trái sang phải).

- Với quả cầu B: Tương tự.

Vậy: Để đưa các dây treo trở về vị trí thẳng đứng cần phải dùng một điện trường đều có hướng từ trái sang phải và có độ lớn $E = 4{,}5.10^4$ V/m.

3. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG DO VẬT MANG ĐIỆN CÓ KÍCH THƯỚC TẠO RA

2.19. Một bản phẳng rất lớn đặt thẳng đứng, tích điện đều với mật độ điện mặt σ.

a) Xác định $\vec{E}$ do mặt phẳng gây ra tại điểm cách mặt phẳng đoạn h. Nêu đặc điểm của điện trường này.

b) Một quả cầu nhỏ khối lượng m điện tích q cùng dấu với mặt phẳng, được treo vào một điểm cố định gần mặt phẳng bằng dây nhẹ không dãn, chiều dài *l*. Coi q không ảnh hưởng đến sự phân bố điện tích trên mặt phẳng và khi cân bằng dây treo nghiêng góc α với phương thẳng đứng. Tính q.

Bài giải

a) Cường độ điện trường do bản phẳng gây ra

Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h.

– Điện thông qua mặt Gauss: $N = N_1 + N_2$.

+ Phần điện thông qua mặt bên: $N_1 = \sum E_1 \Delta S \cos\alpha_1 = 0$ (vì $\cos\alpha_1 = 0$).

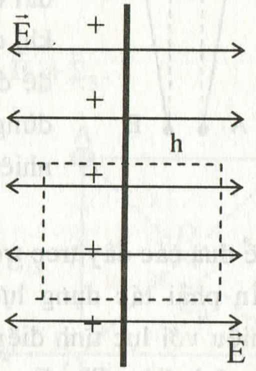
+ Phần điện thông qua hai đáy: $N_2 = \sum E_1 \Delta S \cos\alpha_2 = 2ES$.

$\Rightarrow N = 2ES$

– Theo định lí Ostrogradski – Gaus: $N = \dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

$$\Rightarrow 2ES = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum \sigma \Delta S = \frac{1}{\varepsilon_0}\sigma.2S$$

$$\Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$



Vậy: Cường độ điện trường do mặt phẳng gây ra tại điểm cách mặt phẳng đoạn h:

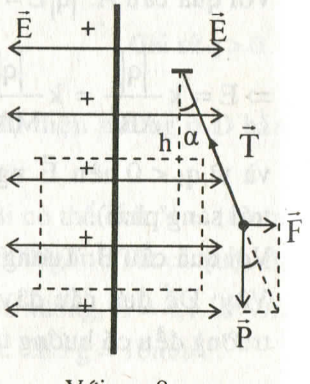
+ là điện trường đều, có hướng vuông góc với với bản phẳng, có độ lớn $E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$.

+ không phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm ta xét đến bản phẳng.

b) Tính điện tích q

– Các lực tác dụng lên q: trọng lực $\vec{P}$, lực điện trường $\vec{F}$, lực căng dây $\vec{T}$.

– Tam giác lực cho: $\tan\alpha = \dfrac{F}{P} = \dfrac{|q|E}{mg} = \dfrac{|q|\sigma}{2mg\varepsilon_0}$



Với q > 0

$$\Rightarrow |q| = \frac{2mg\varepsilon_0.\tan\alpha}{\sigma}$$

Vậy: Độ lớn của điện tích q là $|q| = \dfrac{2mg\varepsilon_0.\tan\alpha}{\sigma}$.

2.20. Tính cường độ điện trường gây bởi 2 mặt phẳng rộng vô hạn:

a) Đặt song song, mật độ điện mặt σ > 0 và –σ.

b) Hợp với nhau góc α và có cùng mật độ điện mặt σ > 0.

Bài giải

a) Trường hợp hai mặt phẳng đặt song song

– Với một mặt phẳng: Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h.

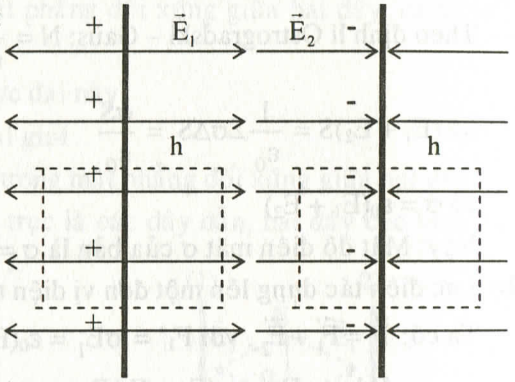
+ Điện thông qua mặt Gauss: $N = \sum E_1 \Delta S \cos\alpha_2 = 2E_1 S$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gaus:

$$N = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$$

$$\Rightarrow 2E_1 S = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum \sigma \Delta S = \frac{1}{\varepsilon_0}\sigma.2S$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = E_2$$



– Với hai mặt phẳng: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$:

+ Bên trong hai mặt phẳng: $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_2$ cùng chiều nên

$$E = E_1 + E_2 = 2\frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.$$

+ Bên ngoài hai mặt phẳng: $\vec{E}_1$ và $\vec{E}_2$ ngược chiều nên

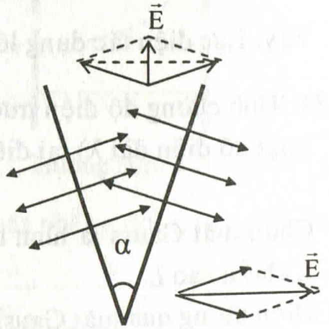
$$E = E_1 - E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = 0.$$

b) Trường hợp hai mặt phẳng hợp với nhau góc α

Vì $E_1 = E_2$ nên:

+ Bên trong hai mặt phẳng:

$$E = 2E_1\sin\frac{\alpha}{2} = 2\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}.\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}.\sin\frac{\alpha}{2}.$$



+ Bên ngoài hai mặt phẳng: $E = 2E_1\cos\dfrac{\alpha}{2} = 2\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}.\cos\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}.\cos\dfrac{\alpha}{2}$.

2.12. Một bản phẳng rộng vô hạn được tích điện và đặt vào một điện trường đều. Biết cường độ điện trường tổng hợp ở bên trái và bên phải của bản là $\vec{E}_1$, $\vec{E}_2$ hướng vuông góc với bản, độ lớn E_1 và E_2. Hãy tính mật độ điện mặt σ của bản và lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản.

Bài giải

a) Mật độ điện mặt của bản phẳng

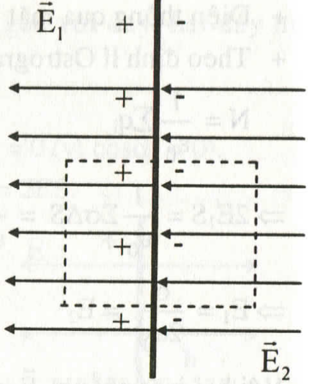
Chọn mặt Gauss là hình trụ có đường sinh vuông góc với đáy, hai đáy hình tròn có diện tích S và cách đều bản phẳng đoạn h.

– Điện thông qua mặt Gauss: $N = N_1 + N_2$.

+ Phần điện thông qua mặt bên: $N_1 = \sum E_1\Delta S\cos\alpha_1 = 0$ (vì $\cos\alpha_1 = 0$).

+ Phần điện thông qua hai đáy: $N_2 = \sum E_1\Delta S\cos\alpha_2 = E_1S + E_2S = (E_1 + E_2)S$.

$\Rightarrow N = (E_1 + E_2)S$



– Theo định lí Ostrogradski – Gaus: $N = \dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

$$\Rightarrow (E_1 + E_2)S = \frac{1}{\varepsilon_0}\Sigma\sigma\Delta S = \frac{\sigma S}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow \sigma = \varepsilon_0(E_1 + E_2)$$

Vậy: Mật độ điện mặt σ của bản là $\sigma = \varepsilon_0(E_1 + E_2)$.

b) Lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản

Ta có: $\vec{F}' = \vec{F}_1' + \vec{F}_2'$, với $F_1' = \sigma E_1 = \varepsilon_0(E_1 + E_2)E_1$,

$F_2' = \sigma E_2 = \varepsilon_0(E_1 + E_2)E_2$.

Vì $\vec{F}_1'$ ngược chiều với $\vec{F}_2'$ nên $F' = |F_1 - F_2|$.

$$\Rightarrow F' = |\varepsilon_0(E_1 + E_2)E_1 - \varepsilon_0(E_1 + E_2)E_2| = \frac{1}{2}\varepsilon_0|E_1^2 - E_2^2|.$$

Vậy: Lực điện tác dụng lên một đơn vị diện tích của bản là $F' = \dfrac{1}{2}\varepsilon_0|E_1^2 - E_2^2|$.

2.22. Tính cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều (mật độ điện dài λ) tại điểm cách dây đoạn r.

Bài giải

Chọn mặt Gauss là hình trụ đồng trục với dây, hai đáy hình tròn có bán kính r, chiều cao *l*.

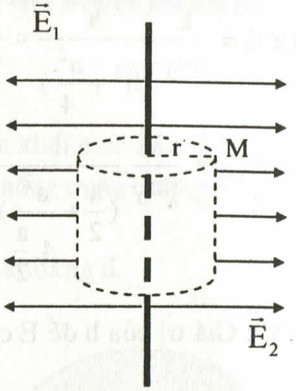
– Điện thông qua mặt Gauss: $N = N_1 + N_2$.

+ Phần điện thông qua hai đáy: $N_1 = \sum E_1\Delta S\cos\alpha_1 = 0$ (vì $\cos\alpha_1 = 0$).

+ Phần điện thông qua mặt bên: $N_2 = \sum E_1\Delta S\cos\alpha_{12} = ES = E.2\pi rl$.

$\Rightarrow N = E.\pi rl$

– Theo định lí Ostrogradski – Gaus:



$$N = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i \Rightarrow E.\pi rl = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i = \frac{\lambda l}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

Vậy: Cường độ điện trường gây bởi một dây thẳng dài vô hạn tích điện đều là

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}.$$

2.23. Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau đoạn a, tích điện cùng dấu với mật độ điện dài λ.

a) Xác định $\vec{E}$ tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây, cách mặt phẳng chứa hai dây đoạn h.

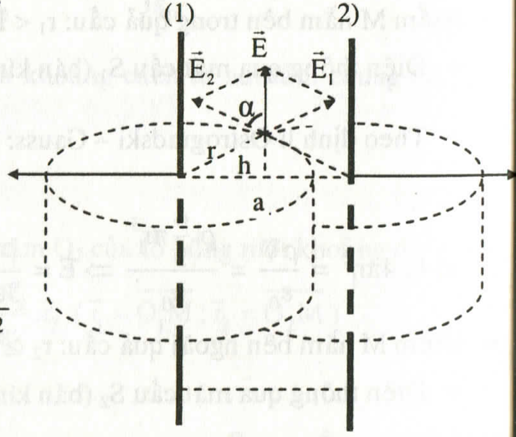
b) Tính h để E cực đại và tính giá trị cực đại này.

Bài giải

a) Cường độ điện trường tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây

Chọn hai mặt Gauss là hai hình trụ trục là các dây dẫn, hai đáy các hình trụ là hình tròn có bán kính r, chiều cao *l*.

Vì $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$;



Trường hợp λ >0

$$r_1 = r_2 = r = \sqrt{h^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \sqrt{h^2 + \frac{a^2}{4}}$$

nên $E_1 = E_2 = E = \dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$ (bài trên …)

$$\Rightarrow E = 2E_1\cos\alpha = 2.\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}.\frac{h}{r} = \frac{\lambda h}{\pi\varepsilon_0 r^2}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}.\frac{h}{(h^2 + \frac{a^2}{4})}$$

Vậy: Cường độ điện trường tại một điểm trong mặt phẳng đối xứng giữa hai dây, cách mặt phẳng chứa hai dây đoạn h là $E = \dfrac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}.\dfrac{h}{(h^2 + \frac{a^2}{4})}$.

b) Giá trị của h để E cực đại

Từ $E = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}.\frac{h}{(h^2 + \frac{a^2}{4})} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{(h + \frac{a^2}{4h})} \Rightarrow E = E_{max}$ khi $M = \left(h + \frac{a^2}{4h}\right)_{min} \Rightarrow h = \frac{a}{2}$

và $E_{max} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0}.\frac{1}{(\frac{a}{2} + \frac{a^2}{4.\frac{a}{2}})} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 a}$.

Vậy: Giá trị của h để E cực đại là $h = \frac{a}{2}$ và $E_{max} = \frac{\lambda}{\pi\varepsilon_0 a}$.

2.24. Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ và đặt trong không khí. Tính cường độ điện trường tại điểm cách tâm quả cầu đoạn r (trong và ngoài quả cầu).

Bài giải

Ta có:

+ Đường sức điện trường là những đường thẳng hướng dọc theo bán kính quả cầu.

+ Độ lớn cường độ điện trường tại các điểm nằm trên cùng mặt cầu có giá trị như nhau.

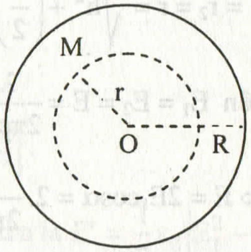
Chọn mặt Gauss là mặt cầu đồng tâm với quả cầu tích điện:

– Điểm M nằm bên trong quả cầu: $r_1 < R$:

+ Điện thông qua mặt cầu S_1 (bán kính r_1) là: $N = ES_1 = E.4\pi r_1^2$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $N = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

$\Rightarrow E.4\pi r_1^2 = \frac{\rho V}{\varepsilon_0} = \frac{\rho.\frac{4}{3}\pi r_1^3}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\rho r_1}{3\varepsilon_0}$.



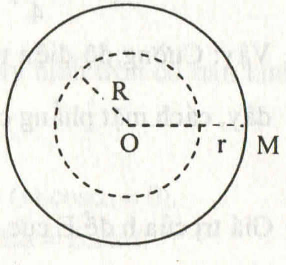
– Điểm M nằm bên ngoài quả cầu: $r_2 \geq R$:

+ Điện thông qua mặt cầu S_2 (bán kính r_2) là: $N = ES_2 = E.4\pi r_2^2$.

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $N = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

$\Rightarrow E.4\pi r_2^2 = \frac{\rho V}{\varepsilon_0} = \frac{\rho.\frac{4}{3}\pi R^3}{\varepsilon_0}$.

$\Rightarrow E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r_2^2}$.



Vậy: Cường độ điện trường tại điểm cách tâm quả cầu đoạn r khi r < R là $E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}$; khi $r \geq R$ là $E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$.

2.25. Bên trong một quả cầu mang điện với mật độ điện khối ρ có một lỗ hổng hình cầu. Xác định điện trường tại một điểm bất kì của lỗ hổng trong trường hợp:

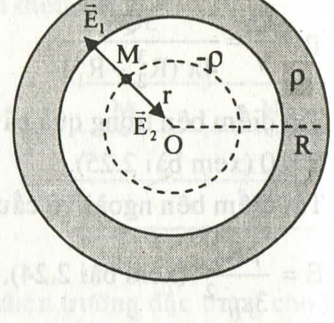
a) Lỗ hổng có cùng tâm với quả cầu.

b) Tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d.

Bài giải

a) Trường hợp lỗ hổng có cùng tâm với quả cầu

– Gọi $\vec{E}_1$ là cường độ điện trường do quả cầu đặc (không có lỗ hổng), mật độ điện khối ρ gây ra tại điểm M; $\vec{E}_2$ là cường độ điện trường do quả cầu đặc (có kích thước bằng lỗ hổng), mật độ điện khối –ρ gây ra tại điểm M. Theo nguyên lí chồng chất điện trường, ta có: $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$



– Theo kết quả bài trên, ta có: $\vec{E}_1 = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}.\vec{r}$; $\vec{E}_2 = \frac{-\rho r}{3\varepsilon_0}.\vec{r}$

$\Rightarrow \vec{E}_M = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}.\vec{r} + \frac{-\rho r}{3\varepsilon_0}.\vec{r} = \vec{0}$ (r là khoảng cách từ hai tâm chung O_1, O_2 đến điểm M)

Vậy: Khi $O_1 \equiv O_2$ thì $\vec{E}_M = \vec{0}$.

b) Trường hợp tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d

– Tương tự, ta có: $\vec{E}_1 = \frac{\rho r_1}{3\varepsilon_0}.\vec{r}_1$; $\vec{E}_2 = \frac{-\rho r_2}{3\varepsilon_0}.\vec{r}_2$ ($\vec{r}_1 = \overrightarrow{O_1M}$; $\vec{r}_2 = \overrightarrow{O_2M}$)

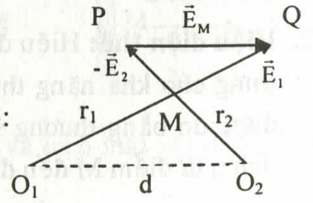
và $\vec{E}_M = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

– Vì $E_1 \sim r_1$; $E_2 \sim r_2 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{O_1M}{O_2M}$

$\Rightarrow$ hai tam giác O_1O_2M và MPQ đồng dạng, từ đó:

$\frac{E_M}{d} = \frac{E_1}{r_1} = \frac{\rho}{3\varepsilon_0}$

$\Rightarrow E_M = \frac{\rho d}{3\varepsilon_0}$ hay $\vec{E}_M = \frac{\rho d}{3\varepsilon_0}.\vec{d}$ ($\vec{d} = \overrightarrow{O_1O_2}$)



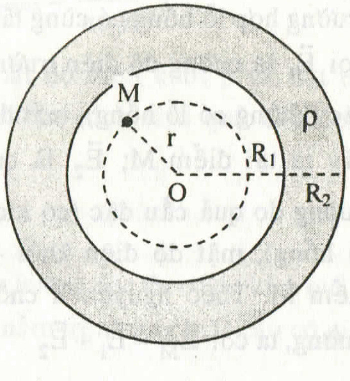
Vậy: Khi tâm O_1 của quả cầu cách tâm O_2 của lỗ hổng một khoảng d thì $\vec{E}_M$ có chiều từ O_1 đến O_2 và có độ lớn $E_M = \dfrac{\rho d}{3\varepsilon_0}$.

2.26. Một vỏ cầu bán kính trong R_1, bán kính ngoài R_2 mang điện tích Q phân bố đều theo thể tích. Tính cường độ điện trường tại nơi cách tâm quả cầu đoạn r.

Bài giải

- Thể tích vỏ cầu là: $V = V_2 - V_1 = \dfrac{4}{3}\pi(R_2^3 - R_1^3)$.
- Mật độ điện tích khối của vỏ cầu là:

$$\rho = \frac{Q}{V} = \frac{3Q}{4\pi(R_2^3 - R_1^3)}.$$



- Tại điểm bên trong quả cầu ($r < R_1$):
  $E = 0$ (xem bài 2.25).
- Tại điểm bên ngoài vỏ cầu ($r > R_2$):

$$E = \frac{\rho R_2^3}{3\varepsilon_0 r^2} \text{ (xem bài 2.24).}$$

- Tại điểm trong vỏ cầu ($R_1 < r < R_2$): $E = \dfrac{\rho r}{3\varepsilon_0}$ (xem bài 2.24).

Chuyên đề 3: ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Điện thế – Hiệu điện thế

1. Điện thế: Điện thế tại điểm M trong điện trường đặc trưng cho điện trường về mặt dự trữ năng lượng và được đo bằng thương số giữa công để đưa một điện tích q từ điểm M ra xa vô cực và điện tích q: $V_M = \dfrac{A_{M\infty}}{q}$.

2. Hiệu điện thế: Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường giữa hai điểm đó và được đo bằng thương số giữa công của lực điện làm di chuyển một điện tích q từ điểm M đến điểm N và độ lớn của điện tích q:

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q} \text{ hay } U = \frac{A}{q}$$

3. Điện thế gây ra bởi các điện tích điểm

- *Điện thế gây ra bởi một điện tích điểm Q:* $V = \dfrac{k}{\varepsilon}.\dfrac{Q}{r}$ $(V_\infty = 0)$
  (r là khoảng cách từ điện tích điểm Q đến điểm ta xét)
- *Điện thế gây ra bởi hệ điện tích điểm Q_1, Q_2, ...:* Gọi $V_1, V_2, \ldots$ là điện thế do các điện tích $Q_1, Q_2, \ldots$ gây ra tại điểm M trong điện trường. Điện thế toàn phần do hệ điện tích trên gây ra tại M là:
  $V = V_1 + V_2 + \ldots = \Sigma V_i$

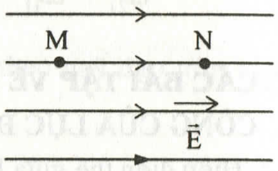
  Hệ thức trên là nội dung của nguyên lí chồng chất điện thế.

4. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

$U_{MN} = Ed$

M, N là hai điểm trên cùng một đường sức;

$\vec{E}$ là cường độ điện trường của điện trường đều; d là khoảng cách giữa hai điểm dọc theo một đường sức có hiệu điện thế là U.



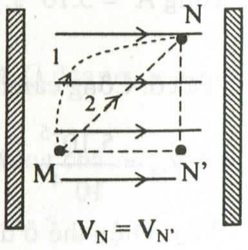
II. Thế năng tĩnh điện

Thế năng của điện tích q đặt tại điểm M trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích q tại M:

$W_t = qV$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

- Công thức tính điện thế gây ra bởi một điện tích điểm ($V = \dfrac{k}{\varepsilon}.\dfrac{Q}{r}$) cũng được áp dụng cho quả cầu tích điện phân bố đều với r là khoảng cách từ tâm quả cầu đến điểm ta xét.
- Lực điện trường là lực thế nên công của lực điện trường không phụ thuộc vào dạng quỹ đạo di chuyển của điện tích mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo: $A = qU$.
- Mối quan hệ giữa công của lực ngoài A’ và công của lực điện trường A: $A' = -A = -qU$.



- Đối với vật dẫn cân bằng điện cần chú ý:
  - + Vật dẫn là vật đẳng thế: Các điểm bên trong và trên mặt vật dẫn có cùng điện thế.
  - + Điện tích chỉ phân bố ở mặt ngoài vật dẫn, tập trung ở những chỗ lồi và nhọn.
- Thế năng tương tác của hệ điện tích điểm: Với hệ gồm các điện tích điểm Q_1, Q_2,..., thế năng của hệ là:

$$W = \frac{1}{2}(Q_1V_1 + Q_2V_2 + ...) = \frac{1}{2}\Sigma Q_i V_i \ \ (i = 1, 2,..., n)$$

($V_i = \frac{kQ_1}{\varepsilon r_{1i}} + \frac{kQ_2}{\varepsilon r_{2i}} + ...$ là điện thế tại điểm đặt Q_i do các điện tích khác của hệ gây ra)

+ Trường hợp hệ 2 điện tích: $W = \frac{1}{2}(Q_1V_1 + Q_2V_2)$, với $V_1 = \frac{kQ_2}{\varepsilon r_{21}}$, $V_2 = \frac{kQ_1}{\varepsilon r_{12}}$

+ Trường hợp hệ 3 điện tích: $W = \frac{1}{2}(Q_1V_1 + Q_2V_2 + Q_3V_3)$, với

$$V_1 = \frac{kQ_2}{\varepsilon r_{21}} + \frac{kQ_3}{\varepsilon r_{31}}, V_2 = \frac{kQ_1}{\varepsilon r_{12}} + \frac{kQ_3}{\varepsilon r_{32}}, V_3 = \frac{kQ_1}{\varepsilon r_{13}} + \frac{kQ_2}{\varepsilon r_{23}}.$$

C. CÁC BÀI TẬP VỀ ĐIỆN THẾ – HIỆU ĐIỆN THẾ

1. CÔNG CỦA LỰC ĐIỆN – ĐIỆN THẾ, HIỆU ĐIỆN THẾ

3.1. Hiệu điện thế giữa hai điểm M, N trong điện trường $U_{MN} = 100V$.

a) Tính công của lực điện trường khi một êlectrôn di chuyển từ M đến N.

b) Tính công cần thiết để di chuyển êlectrôn từ M đến N.

Bài giải

a) Công của lực điện trường

Ta có: $A = qU_{MN} = -1,6.10^{-19}.100 = -1,6.10^{-17}$ J.

Vậy: Công của lực điện trường khi một êlectrôn di chuyển từ M đến N là $A = -1,6.10^{-17}$ J.

b) Công cần thiết để di chuyển êlectrôn từ M đến N: $A' = -A = 1,6.10^{-17}$ J.

3.2. Để di chuyển $q = 10^{-4}C$ từ rất xa vào điểm M của điện trường, cần thực hiện công $A' = 5.10^{-5}J$. Tìm điện thế ở M (gốc điện thế ở ∞).

Bài giải

Ta có: Công cần thực hiện: $A' = -A = -q(V_\infty - V_M) = -10^{-4}(0 - V_M) = 5.10^{-5}$ J

$$\Rightarrow V_M = \frac{5.10^{-5}}{10^{-4}} = 0,5 \text{ V}$$

Vậy: Điện thế ở điểm M là $V_M = 0,5V$.

3.3. Khi bay qua 2 điểm M và N trong điện trường, êlectrôn tăng tốc, động năng tăng thêm 250eV ($1eV = 1,6.10^{-19}J$). Tính hiệu điện thế giữa M và N.

Bài giải

Ta có: Công của lực điện trường là $A = q.U_{AB} = \Delta W_d$

$$\Rightarrow U_{MN} = \frac{\Delta W_d}{q} = \frac{250.1,6.10^{-19}}{-1,6.10^{-19}} = -250 \text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường là $U_{MN} = -250V$.

3.4. Êlectrôn chuyển động không vận tốc đầu từ A đến B trong điện trường đều, $U_{BA} = 45,5V$. Tìm vận tốc êlectrôn tại B.

Bài giải

Ta có: Công của lực điện trường: $A = qU_{AB} = \Delta W_d = \frac{mv_B^2}{2}$ ($U_{AB} = -U_{BA} = -45,5V$)

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2qU_{AB}}{m}} = \sqrt{\frac{2.(-1,6.10^{-19}).(-45,5)}{9,1.10^{-31}}} = 4.10^6 \text{(m/s)}.$$

Vậy: Vận tốc của êlectron tại B là $v_B = 4.10^6$ (m/s).

3.5. Êlectrôn chuyển động quanh nhân nguyên tử hiđrô theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5.10^{-9}$cm.

a) Tính điện thế tại một điểm trên quỹ đạo êlectrôn.

b) Khi êlectrôn chuyển động, điện trường của hạt nhân có sinh ra công không? Tại sao?

Bài giải

a) Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo êlectrôn

Ta có: $V = \frac{kq}{\varepsilon.r} = \frac{9.10^9.1,6.10^{-19}}{5.10^{-11}} = 28,8$ V

Vậy: Điện thế tại một điểm trên quỹ đạo của êlectron là $V = 28,8V$.

b) Điện trường của hạt nhân có sinh công không?

Khi êlectrôn chuyển động, điện trường của hạt nhân không sinh công vì êlectrôn chuyển động theo một quỹ đạo khép kín.

3.6. Điện tích $Q = 5.10^{-9}C$ đặt ở O trong không khí.

a) Cần thực hiện A'_1 bao nhiêu để đưa $q = 4.10^{-8}C$ từ M cách Q đoạn $r_1 = 40$cm đến N cách Q đoạn $r_2 = 25$cm.

b) Cần thực hiện công A'_2 bao nhiêu để đưa q từ M chuyển động chậm ra xa vô cùng ($r_3 = \infty$).

Bài giải

a) Công đưa q từ M đến N

– Ta có:

+ Điện thế tại điểm M: $V_M = k\frac{Q}{\varepsilon.r_1} = \frac{9.10^9.5.10^{-9}}{0,4} = 112,5$ V

+ Điện thế tại điểm N: $V_N = k\dfrac{Q}{\varepsilon.r_2} = \dfrac{9.10^9.5.10^{-9}}{0,25} = 180\text{ V}$

– Công cần thực hiện để đưa q từ M đến N: $A'_1 = -A = -q.U_{MN} = -q(V_M - V_N)$

$\Rightarrow A'_1 = -4.10^{-8}(112,5 - 180) = 2,7.10^{-6}\text{J}.$

Vậy: Công cần thực hiện để đưa q từ M đến N là $A'_1 = 2,7.10^{-6}\text{J}.$

b) Công cần thực hiện để đưa q từ M ra vô cùng

Ta có: $V_\infty = 0$

$\Rightarrow A'_2 = -A = -qU_{M\infty} = -q(V_M - V_\infty) = -qV_M$

$A'_2 = -4.10^{-8}.112,5 = -4,5.10^{-6}\text{ J}.$

Vậy: Công cần thực hiện để đưa q từ M ra vô cùng là $A'_2 = -4,5.10^{-6}\text{ J}.$

3.7. Tính thế năng của hệ thống hai điện tích điểm q_1, q_2 cách nhau khoảng r trong chân không.

Bài giải

Ta có: + Điện thế do q_1 gây ra: $V = k\dfrac{q_1}{r}$

+ Thế năng của hệ điện tích q_1, q_2: $W = q_2V = \dfrac{kq_1q_2}{r}$.

Vậy: Thế năng của hệ điện tích q_1, q_2 là $W = \dfrac{kq_1q_2}{r}$.

* *Chú ý*: Có thể dùng công thức tính thế năng của hệ 2 điện tích:

$$W = \frac{1}{2}(q_1V_1 + q_2V_2),\text{ với } V_1 = \frac{kq_2}{\varepsilon r_{21}},\ V_2 = \frac{kq_1}{\varepsilon r_{12}}$$

$$\text{nên } W = \frac{1}{2}\left(q_1.\frac{kq_2}{\varepsilon r_{21}} + q_2.\frac{kq_1}{\varepsilon r_{12}}\right) = \frac{kq_1q_2}{r}\quad(\varepsilon = 1).$$

3.8. Hai điện tích $q_1 = 2.10^{-6}\text{C}$, $q_2 = -3.10^{-6}\text{C}$ cách nhau 20cm trong không khí. Di chuyển hai điện tích để chúng cách nhau 50cm. Năng lượng của hệ hai điện tích tăng hay giảm. Tính độ biến thiên năng lượng của hệ.

Bài giải

– Thế năng ban đầu của hệ hai điện tích:

$$W_1 = \frac{kq_1q_2}{r_1} = \frac{9.10^9.2.10^{-6}.(-3.10^{-6})}{0,2} = -0,27\text{ J}$$

– Thế năng lúc sau của hệ hai điện tích:

$$W_2 = \frac{kq_1q_2}{r_2} = \frac{9.10^9.2.10^{-6}.(-3.10^{-6})}{0,5} = -0,108\text{ J}$$

– Độ biến thiên năng lượng của hệ:

$\Delta W = W_2 - W_1 = -0,108 + 0,27 = 0,162\text{ J} > 0$: năng lượng của hệ tăng.

Vậy: Khi di chuyển hai điện tích ra xa nhau thì năng lượng của hệ tăng.

3.9. Có thể tích điện cho vào một vật dẫn cô lập đến một điện thế tối đa là bao nhiêu khi chiếu vào vật một chùm tia êlectrôn, bay với vận tốc v? Khối lượng m và điện tích e của êlectrôn coi như đã hết.

Bài giải

Công cần thực hiện để tích điện cho vật dẫn: $A' = -A = -qV = \dfrac{mv^2}{2} - \dfrac{mv_0^2}{2}$

$\Rightarrow -qV = \dfrac{mv^2}{2} - \dfrac{mv_0^2}{2} \Rightarrow V_{max} = \dfrac{mv^2}{-2q} = \dfrac{mv^2}{2e}$ (khi $v_0 = 0$).

Vậy: Có thể tích điện cho vật dẫn cô lập đến điện thế tối đa là $V = \dfrac{mv^2}{2e}$.

3.10. Êlectrôn ở cách prôtôn đoạn $r = 5,2.10^{-9}\text{cm}$. Muốn êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn nó cần có vận tốc tối thiểu là bao nhiêu?

Bài giải

– Công của điện trường tác dụng lên êlectrôn:

$$A = qV = e\frac{ke}{r} = \frac{ke^2}{r}$$

– Để êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn thì: $W_đ \geq A$.

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} \geq \frac{ke^2}{r} \Rightarrow v \geq \sqrt{\frac{2ke^2}{mr}} \Leftrightarrow v \geq \sqrt{\frac{2.9.10^9.(1,6.10^{-19})^2}{9,1.10^{-31}.5,2.10^{-11}}} = 3,2.10^6(\text{m/s}).$$

Vậy: Để êlectrôn thoát khỏi sức hút prôtôn thì êlectrôn phải có vận tốc tối thiểu là $v = 3,2.10^6(\text{m/s})$.

3.11. Trong nguyên tử hiđrô, êlectrôn chuyển động quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn bán kính $R = 5.10^{-9}\text{cm}$. Tính năng lượng cần cung cấp để ion hóa nguyên tử hiđrô (đưa êlectrôn ra xa vô cực).

Bài giải

– Êlectrôn chuyển động xung quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn dưới tác dụng của lực hướng tâm, lực này chính là lực Cu–lông.

$$F = k\frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{ke^2}{mr}}$$

– Động năng của êlectrôn: $W_d = \dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{2}m\dfrac{ke^2}{mr} = \dfrac{ke^2}{2r}$

– Thế năng của êlectrôn: $W_t = qV = -e\dfrac{ke}{r} = -\dfrac{ke^2}{r}$

– Năng lượng toàn phần của êlectrôn: $W = W_d + W_t = -\dfrac{ke^2}{2r} < 0$

– Năng lượng cần thiết để ion hóa nguyên tử hiđrô: $W' = -W = \dfrac{ke^2}{2r}$

$$\Rightarrow W' = \frac{9.10^9.(1{,}6.10^{-19})^2}{2.5.10^{-11}} = 2{,}3.10^{-18}\,J = 14{,}4\ eV.$$

Vậy: Năng lượng cần thiết để ion hóa nguyên tử hiđrô là W' = 14,4 eV.

3.12. Hai êlectrôn ban đầu ở rất xa nhau, chuyển động lại gần nhau. Tính khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng trong các trường hợp sau:

a) Êlectrôn I được giữ cố định, êlectrôn II bay đến êlectrôn I với vận tốc đầu v_0.

b) Hai êlectrôn tự do, chuyển động về phía nhau với cùng vận tốc đầu v_0.

c) Hai êlectrôn tự do, ban đầu êlectrôn I đứng yên, êlectrôn II bay đến êlectrôn I với vận tốc đầu v_0.

Bài giải

Chọn gốc thế năng ở ∞ ($V_\infty = 0$)

a) Khi êlectron I được giữ cố định, êlectron II bay đến với vận tốc đầu v_0

– Năng lượng của hệ lúc đầu là động năng của êlectrôn II: $W_{đầu} = \dfrac{mv_0^2}{2}$

– Năng lượng của hệ lúc sau (khi dừng lại) là thế năng tương tác tĩnh điện tạo nên do sự có mặt của êlectrôn này trong điện trường tạo bởi êlectrôn kia:

$$W_{sau} = -e.(\frac{-ke}{r}) = \frac{ke^2}{r}$$

– Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{đầu} = W_{sau} \Rightarrow \dfrac{mv_0^2}{2} = \dfrac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \dfrac{2ke^2}{mv_0^2}$

Vậy: Khi êlectron I được giữ cố định, êlectron II bay đến với vận tốc đầu v_0 thì khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \dfrac{2ke^2}{mv_0^2}$.

b) Khi hai êlectron tự do chuyển động về phía nhau

– Năng lượng của hệ lúc đầu là động năng của hai êlectrôn:

$$W_{đầu} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = mv_0^2$$

– Năng lượng của hệ lúc sau: $W_{sau} = \dfrac{ke^2}{r}$

– Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{đầu} = W_{sau} \Rightarrow mv_0^2 = \dfrac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \dfrac{ke^2}{mv_0^2}$

Vậy: Khi hai êlectron tự do chuyển động về phía nhau, khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \dfrac{ke^2}{mv_0^2}$.

c) Khi hai êlectron tự do, ban đầu êlectron I đứng yên, êlectron II chuyển động về phía êlectron I

– Năng lượng của hệ lúc đầu bằng động năng của êlectrôn II: $W_{đầu} = \dfrac{mv_0^2}{2}$.

– Năng lượng của hệ lúc sau: $W_{sau} = \dfrac{mv^2}{2} + \dfrac{ke^2}{r} + \dfrac{mv^2}{2} = mv^2 + \dfrac{ke^2}{r}$

– Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{đầu} = W_{sau} \Rightarrow \dfrac{mv_0^2}{2} = \dfrac{ke^2}{r} + mv^2$

– Theo định luật bảo toàn động lượng:

$$m\overrightarrow{v_0} = m\vec{v} + m\vec{v} \Rightarrow v = \frac{v_0}{2} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = \frac{ke^2}{r} + m\frac{v_0^2}{4} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{4} = \frac{ke^2}{r} \Rightarrow r = \frac{4ke^2}{mv_0^2}.$$

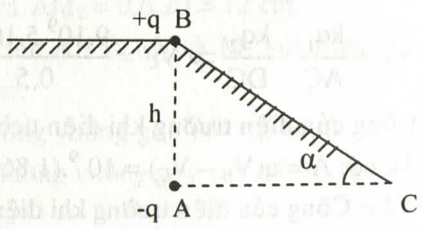
Vậy: Khi hai êlectron tự do, ban đầu êlectron I đứng yên, êlectron II chuyển động về phía êlectron I, khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $r = \dfrac{4ke^2}{mv_0^2}$.

3.13. Quả cầu nhỏ khối lượng m mang điện tích +q trượt không ma sát với $v_0 = 0$ từ đỉnh B có độ cao h của mặt phẳng nghiêng BC (góc nghiêng α). Tại đỉnh góc vuông A của tam giác ABC có một điện tích –q.

Tính vận tốc quả cầu khi đến C. Định α để quả cầu có thể đến được C.

Bài giải

– Chọn mốc thế năng hấp dẫn ở chân mặt phẳng nghiêng; mốc thế năng điện ở vô cùng.



– Năng lượng của điện tích +q gồm có:

+ Động năng: $\dfrac{mv^2}{2}$

+ Thế năng hấp dẫn: mgz

+ Thế năng điện: $\dfrac{k(-q).q}{r} = -\dfrac{kq^2}{r}$

– Năng lượng của +q khi ở B: $W_B = 0 + mgh + \frac{-kq^2}{h}$ (1)

– Năng lượng của +q khi ở C: $W_C = \frac{1}{2}mv^2 + 0 + \frac{-kq^2}{AC}$ (2)

– Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho hệ kín (điện tích +q, điện tích –q và Trái Đất):

$$W_B = W_C \Leftrightarrow mgh - \frac{kq^2}{h} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{kq^2}{AC} \Rightarrow v^2 = 2[gh - \frac{kq^2}{m}(\frac{1}{h} - \frac{1}{AC})]$$

Với $AC = \frac{h}{\tan\alpha} \Rightarrow v^2 = 2[gh - \frac{kq^2}{mh}(1 - \tan\alpha)] \Rightarrow v = \sqrt{2[gh - (1 - \tan\alpha)\frac{kq^2}{mh}]}$

– Để quả cầu m đến được C thì: $gh - (1 - \tan\alpha)\frac{kq^2}{mh} \geq 0 \Rightarrow \tan\alpha \geq 1 - \frac{mgh^2}{kq^2}$

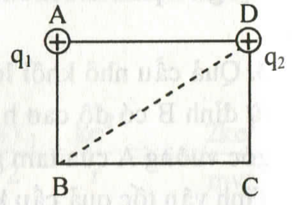
Vậy: Vận tốc của quả cầu khi đến C là $v = \sqrt{2[gh - (1 - \tan\alpha)\frac{kq^2}{mh}]}$, để quả cầu đến được C thì góc α phải thỏa $\tan\alpha \geq 1 - \frac{mgh^2}{kq^2}$.

3.14. Hai điện tích $q_1 = 5.10^{-6}C$ và $q_2 = 2.10^{-6}C$ đặt tại 2 đỉnh A, D của hình chữ nhật ABCD, AB = a = 30cm, AD = b = 40cm. Tính:

a) Điện thế tại B, C.

b) Công của điện trường khi $q = 10^{-9}C$ di chuyển từ B đến C.

Bài giải



Ta có: $BD = \sqrt{AB^2 + AD^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50$ cm

a) Điện thế tại B và C

– Điện thế tại B:

$$V_B = \frac{kq_1}{AB} + \frac{kq_2}{BD} \Rightarrow V_B = \frac{9.10^9.5.10^{-6}}{0,3} + \frac{9.10^9.2.10^{-6}}{0,5} = 1,86.10^5 V.$$

– Điện thế tại C:

$$V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{DC} \Rightarrow V_C = \frac{9.10^9.5.10^{-6}}{0,5} + \frac{9.10^9.2.10^{-6}}{0,3} = 1,5.10^5 V$$

b) Công của điện trường khi điện tích di chuyển từ B đến C

Ta có: $A = q(V_B - V_C) = 10^{-9}.(1,86.10^5 - 1,5.10^5) = 3,6.10^{-5}$ J.

Vậy: Công của điện trường khi điện tích q di chuyển từ B đến C là $A = 3,6.10^{-5}$J

3.15. Hai điện tích $q_1 = 10^{-8}C$, $q_2 = 4.10^{-8}C$ đặt cách nhau 12cm trong không khí. Tính điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0:

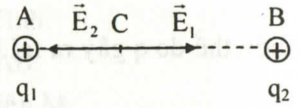
Bài giải

– Vì q_1, q_2 cùng dấu nên điểm có cường độ điện trường bằng 0 nằm giữa q_1, q_2.

– Gọi A là điểm đặt điện tích q_1, B là điểm đặt điện tích q_2, C là điểm có cường độ điện trường bằng 0, ta có: $\vec{E}_C = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow \overrightarrow{E_1} = -\overrightarrow{E_2} \Leftrightarrow E_1 = E_2 \Leftrightarrow k\frac{q_1}{AC^2} = k\frac{q_2}{BC^2} \Leftrightarrow \frac{10^{-8}}{AC^2} = \frac{4.10^{-8}}{(0,12 - AC)^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{(0,12 - AC)^2}{AC^2} = 4 \Leftrightarrow \frac{0,12 - AC}{AC} = 2$$



$\Rightarrow AC = 0,04m; BC = 0,12 - 0,04 = 0,08m$

– Điện thế tại điểm C:

$$V_C = \frac{kq_1}{AC} + \frac{kq_2}{BC} \Rightarrow V_C = \frac{9.10^9.10^{-8}}{0,04} + \frac{9.10^9.4.10^{-8}}{0,08} = 6750V.$$

Vậy: Điện thế tại điểm có cường độ điện trường bằng 0 là $V_C = 6750$ V.

3.16. Hai điện tích $q_1 = 3.10^{-8}C$, $q_2 = -5.10^{-8}C$ đặt tại A, B trong không khí, AB = 8cm. Tìm những điểm có điện thế bằng 0:

a) Trên AB.

b) Trên đường vuông góc với AB tại A.

Bài giải

a) Những điểm có điện thế bằng 0 trên AB

Gọi M là điểm có điện thế bằng 0 trên AB, ta có:

$$V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} = 0 \Rightarrow \frac{3.10^{-8}}{AM} = \frac{5.10^{-8}}{BM} \Leftrightarrow \frac{AM}{BM} = 0,6$$

$\Rightarrow AM = 0,6BM$ (BM > AM)

+ Nếu M nằm giữa A, B thì: $AM_1 + BM_1 = AB = 8$

$\Leftrightarrow 1,6BM_1 = 8 \Rightarrow BM_1 = 5$ cm và $AM_1 = 0,6.5 = 3$ cm.

+ Nếu M nằm ngoài A, B thì: $BM_2 - AM_2 = AB = 8$

$\Leftrightarrow BM_2 - 0,6BM_2 = 8 \Rightarrow BM_2 = 20$ cm và $AM_2 = 0,6.20 = 12$ cm.

Vậy: Có hai điểm có điện thế bằng 0 trên AB là M_1 và M_2 với $AM_1 = 3$ cm, $BM_1 = 5$ cm; $AM_2 = 12$ cm, $BM_2 = 20$ cm.

b) Những điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A

Gọi P là điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A:

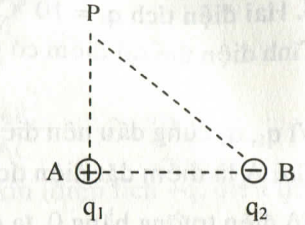
$$V_P = \frac{kq_1}{AP} + \frac{kq_2}{PB} = 0 \Leftrightarrow \frac{3.10^{-8}}{AP} = \frac{5.10^{-8}}{BP} \Leftrightarrow AP = 0,6BP$$

Mặt khác: $BP^2 - PA^2 = AB^2 = 64$

$\Rightarrow BP^2 - 0,36BP^2 = 64 \Rightarrow BP^2 = 100$

$\Rightarrow BP = 10$ cm và $AP = 6$ cm.

Vậy: Điểm có điện thế bằng 0 trên đường vuông góc với AB tại A là P với BP = 10 cm và AP = 6 cm.



3.17. Hai điện tích điểm q và –nq (n > 1) đặt tại A, B cách nhau đoạn a. Chứng minh rằng mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu. Tính bán kính R của mặt cầu và vị trí tâm O của mặt cầu. Áp dụng với n = 2, a = 6cm.

Bài giải

– Điện thế do q gây ra tại khoảng cách r_1: $V_1 = \dfrac{kq}{r_1}$

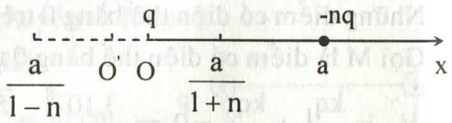
– Điện thế do (–nq) gây ra tại khoảng cách r_2: $V_2 = \dfrac{-nkq}{r_2}$

– Gọi M là điểm có điện thế bằng 0, ta có: $V_M = \dfrac{kq}{r_1} - \dfrac{nkq}{r_2} = 0$

$$\Leftrightarrow \frac{kq}{r_1} = \frac{nkq}{r_2} \Rightarrow \frac{r_2}{r_1} = n \qquad (1)$$

– Chọn gốc tọa độ O của trục Ox tại vị trí đặt điện tích q thì điện tích (–nq) có tọa độ a, điểm M có tọa độ x, nên ta có:

$$r_1 = |x|;\ r_2 = |x - a| \Rightarrow \frac{|x-a|}{|x|} = n$$



– Có ba trường hợp:

$+\ x < 0$: $\dfrac{-(x-a)}{-x} = n \Rightarrow x = \dfrac{a}{1-n}$ (2)

$+\ 0 < x < a$: $\dfrac{-(x-a)}{x} = n \Rightarrow x = \dfrac{a}{1+n}$ (3)

$+\ a < x$: $\dfrac{x-a}{x} = n \Rightarrow x = \dfrac{a}{1-n} < 0$ (vô lý).

– Kết hợp (1), (2), (3), ta thấy mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu cắt trục Ox tại hai điểm có tọa độ $\dfrac{a}{1+n}$ và $\dfrac{a}{1-n}$; có đường kính là:

$$d = \frac{a}{n+1} + \frac{a}{n-1} = \frac{2na}{n^2-1} \text{ hay có bán kính: } R = \frac{d}{2} = \frac{na}{n^2-1}$$

– Gọi O' là vị trí tâm của mặt cầu, ta có: $OO' = R - \left|\dfrac{a}{1-n}\right| = \dfrac{na}{n^2-1} - \dfrac{a}{n-1} = \dfrac{a}{n^2-1}$

– Áp dụng: Với n = 2, a = 6 cm thì: $R = \dfrac{2.6}{2^2-1} = 4$ cm; $OO' = \dfrac{6}{2^2-1} = 2$ cm.

Vậy: Mặt có điện thế bằng 0 là mặt cầu có bán kính $R = \dfrac{na}{n^2-1}$, tâm O' nằm trên đường thẳng AB, ngoài đoạn AB, cách A đoạn $OO' = \dfrac{a}{n^2-1}$.

3.18. Tại 3 đỉnh tam giác đều ABC cạnh $a = 6\sqrt{3}$ cm trong không khí, lần lượt đặt 3 điện tích điểm $q_1 = -10^{-8}$C, $q_2 = q_3 = 10^{-8}$C. Tính:

a) Điện thế tại tâm O và tại trung điểm M của cạnh AB.

b) Công cần để di chuyển điện tích $q = -10^{-9}$C từ O đến M.

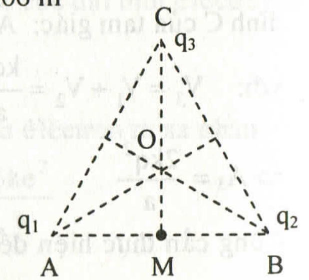
Bài giải

a) Điện thế tại tâm O và tại trung điểm M của AB

– Điện thế tại tâm O: $V_O = \dfrac{kq_1}{AO} + \dfrac{kq_2}{BO} + \dfrac{kq_3}{CO} = \dfrac{k}{AO}(q_1 + q_2 + q_3)$

Vì $AO = BO = CO = \dfrac{2}{3}\dfrac{a\sqrt{3}}{2} = \dfrac{a\sqrt{3}}{3} = \dfrac{0,06\sqrt{3}.\sqrt{3}}{3} = 0,06$ m

$$\Rightarrow V_O = \frac{9.10^9}{0,06}.(-10^{-8} + 10^{-8} + 10^{-8}) = 1500 \text{ V}$$



– Điện thế tại trung điểm M của cạnh AB:

$$V_M = \frac{kq_1}{AM} + \frac{kq_2}{BM} + \frac{kq_3}{CM} = k\left(\frac{q_1}{AM} + \frac{q_2}{BM} + \frac{q_3}{CM}\right)$$

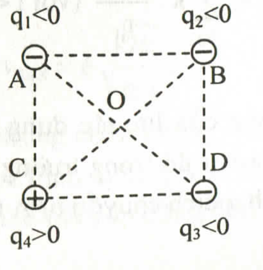
$$\Rightarrow V_M = 9.10^9\left(\frac{-10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{0,03\sqrt{3}} + \frac{10^{-8}}{\frac{0,06.\sqrt{3}.\sqrt{3}}{2}}\right) = 1000 \text{ V}.$$

b) Công cần để di chuyển q từ O đến M

Ta có: $A' = -A = -q.(V_O - V_M) = +10^{-9}.(1500 - 1000) = 5.10^{-7}$ J.

Vậy: Công cần để di chuyển q từ O đến M là $A' = 5.10^{-7}$ J.

3.19. Tại 4 đỉnh ABCD của hình vuông cạnh a = 20cm đặt lần lượt ba điện tích âm, một điện tích dương, độ lớn 7.10^{-8}C trong không khí. Tính điện thế tại tâm hình vuông. Lấy $\sqrt{2} \approx 1,4$.



Bài giải

Tại tâm hình vuông: $V_O = \dfrac{kq_1}{AO} + \dfrac{kq_2}{BO} + \dfrac{kq_3}{CO} + \dfrac{kq_4}{DO}$

Vì: $AO = BO = CO = DO = \dfrac{a\sqrt{2}}{2} = \dfrac{0,2\sqrt{2}}{2} = 0,1\sqrt{2}$ m

$$\Rightarrow V_O = \frac{9.10^9}{0,1\sqrt{2}}.(-q-q-q+q) = -\frac{9.10^9.2.7.10^{-8}}{0,1\sqrt{2}} = -9000\ V.$$

Vậy: Điện thế tại tâm hình vuông là $V_O = -9000$ V.

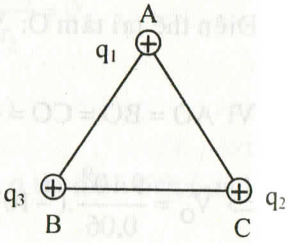
3.20. Ba điện tích điểm $q_1 = q_2 = q_3 = q = 10^{-8}C$ ban đầu ở rất xa nhau. Tính công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều ABC cạnh a = 3cm đặt trong không khí.

Bài giải

Chọn gốc điện thế tại vô cùng: $V_\infty = 0$. Giả sử ban đầu q_1 đứng yên ở A.

- Công cần thực hiện để đưa điện tích q_2 từ ∞ đến đỉnh B của tam giác:

$$A_2 = k\frac{q_1q_2}{a^2} = k\frac{q^2}{a^2} \quad (1)$$



- Công cần thực hiện để đưa điện tích q_3 từ ∞ đến đỉnh C của tam giác: $A_3 = q_3V_3 = qV_3$

với: $V_3 = V_1 + V_2 = \dfrac{kq_1}{a} + \dfrac{kq_2}{a} = \dfrac{2kq}{a}$

$$\Rightarrow A_3 = \frac{2kq^2}{a} \quad (2)$$

- Công cần thực hiện để đưa cả ba điện tích trên đến ba đỉnh A, B và C của tam giác là: $A = A_2 + A_3 = \dfrac{kq^2}{a} + \dfrac{2kq^2}{a} = \dfrac{3kq^2}{a} = \dfrac{3.9.10^9.(10^{-8})^2}{3.10^{-2}} = 9.10^{-5}J$

Vậy: Công cần thực hiện để đưa 3 điện tích đến 3 đỉnh của tam giác đều là: $A = 9.10^{-5}J$.

3.21. Chứng minh rằng thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí là

$$W_t = \sum_{i,j}^{n} k.\frac{q_iq_j}{r_{ij}} \quad (\text{với } i<j).$$

Bài giải

- Công của lực tác dụng lên vật trong trường lực thế bằng độ giảm thế năng của vật đó trong trường lực, công mà lực điện trường thực hiện khi một điện tích q dịch chuyển từ A tới B là: $A_{AB} = W_A - W_B$

(W_A, W_B: thế năng của điện tích q tại vị trí A, B).

Ta có: $W_A = k\dfrac{q_1q_2}{\varepsilon.r_A} + C$; $W_B = k\dfrac{q_1q_2}{\varepsilon.r_B} + C$ (C là hằng số tùy ý).

- Thế năng của một điện tích q_1 đặt trong điện trường của điện tích điểm q_2 và cách điện tích này một đoạn r là: $W = k\dfrac{q_1q_2}{\varepsilon.r} + C$
- Thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí:

$$W = \sum_{i,j}^{n} k\frac{q_iq_j}{r_{ij}} + C \quad (\text{với } i<j).$$

- Chọn gốc thế năng ở vô cùng: $C = W_\infty = 0$

$$W = \sum_{i,j}^{n} k\frac{q_iq_j}{r_{ij}} \quad (i<j)$$

Vậy: Thế năng của hệ n điện tích điểm trong không khí là $W = \sum\limits_{i,j}^{n} k\dfrac{q_iq_j}{r_{ij}}$ $(i<j)$.

3.22. Ba êlectrôn ban đầu đứng yên ở ba đỉnh tam giác đều cạnh a, sau đó chúng chuyển động do lực tương tác tĩnh điện. Tìm vận tốc cực đại mỗi êlectrôn đạt được.

Bài giải

- Tương tự bài **8.25**, công lực điện trường để đưa cả ba êlectron ra xa nhau ($W_đ = W_{đmax}$; $W_t = 0$ nên $v = v_{max}$) là: $A' = -A = -\dfrac{3ke^2}{a}$
- Mặt khác: $\Delta W'_đ = A = \dfrac{3ke^2}{a}$
- Vì ba êlectron hoàn toàn bình đẳng nhau nên

$$\Delta W'_đ = 3W_đ = \frac{3ke^2}{a} \quad (v_0 = 0 \Rightarrow W_{0đ} = 0)$$

$$\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{ke^2}{a} \Rightarrow v = v_{max} = e\sqrt{\frac{2k}{ma}}.$$

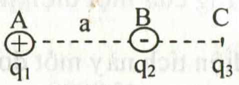
Vậy: Vận tốc cực đại mà mỗi êlectron đạt được là $v_{max} = e\sqrt{\dfrac{2k}{ma}}$.

3.23. Hai điện tích +9q và –q được giữ chặt tại A, B trong chân không, AB = a. Một hạt khối lượng m, điện tích q chuyển động dọc theo đường AB như hình bên. Tìm vận tốc của m khi ở rất xa A, B để nó có thể chuyển động đến B.

Bài giải

Gọi $q_1 = 9q$; $q_2 = -q$; $q_3 = q$ là điện tích chuyển động dọc theo AB: q_3 chịu tác dụng của lực đẩy F_{13} của q_1, lực hút F_{23} của q_2.

– Xét tại điểm C cách B khoảng x, khi đó ta có:



$$F_{13} = k\frac{|q_1q_3|}{(a+x)^2};\ F_{23} = k\frac{|q_2q_3|}{x^2}$$

+ Khi $F_{13} > F_{23} \Rightarrow k\frac{|q_1q_3|}{(a+x)^2} > k\frac{|q_2q_3|}{x^2} \Leftrightarrow \frac{9q^2}{(a+x)^2} > \frac{q^2}{x^2} \Rightarrow \frac{3}{a+x} > \frac{1}{x}$

$\Rightarrow 2x > a \Rightarrow x > \frac{a}{2}$

Vì $F_{13} > F_{23}$ nên lực tổng hợp tác dụng lên q_3 là lực đẩy, do đó khi q_3 cách B một đoạn $x > \frac{a}{2}$ thì q_3 sẽ chuyển động chậm dần.

+ Khi $F_{13} = F_{23} \Rightarrow x = x_0 = \frac{a}{2}$: lực tổng hợp tác dụng lên q_3 bằng 0.

+ Khi $F_{13} < F_{23} \Rightarrow x < \frac{a}{2}$: lực tổng hợp tác dụng lên q_3 là lực hút.

Như vậy, vận tốc ban đầu v_0 tối thiểu của hạt là ứng với vận tốc v_C của hạt tại C bằng 0 ($v_C = 0$).

– Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

+ Ở xa vô cùng hạt chỉ có động năng: $W_đ = \frac{1}{2}mv_0^2$

+ Tại C, vì $v_C = 0$ nên hạt chỉ có thế năng điện trường của q_1, q_2:

$$W_t = (k\frac{q_1}{a+x_0} + k\frac{q_2}{x_0})q_3$$

+ Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_đ = W_C$

$$\Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} = (k\frac{q_1}{a+x_0} + k\frac{q_2}{x_0})q_3 \Rightarrow v_0^2 = \frac{2kq_3}{m}(\frac{q_1}{a+x_0} + \frac{q_2}{x_0}) = \frac{2kq}{m}(\frac{9q}{a+\frac{a}{2}} + \frac{-q}{\frac{a}{2}})$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{2kq^2}{m}(\frac{9}{1,5a} - \frac{1}{0,5a}) = \frac{2kq^2}{m}.\frac{6}{1,5a} = \frac{8kq^2}{ma} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$$

Vậy: Vận tốc tối thiểu của m khi ở rất xa A để có thể chuyển động đến B là $v_0 = \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$ hay $v_0 \geq \sqrt{\frac{8kq^2}{ma}}$.

3.24. Hai hạt prôtôn và hai hạt pôzitrôn ban đầu nằm yên xen kẽ nhau ở các đỉnh của một hình vuông, sau đó bay ra xa nhau. Biết tỉ số khối lượng của chúng $\frac{M}{m} = 2000$, còn điện tích thì giống nhau. Coi rằng khi bắt đầu chuyển động tự do, các hạt pôzitrôn sẽ bay ra xa vô cực rất nhanh, sau đó các prôtôn mới tách xa nhau. Tính tỉ số vận tốc pôzitrôn và prôtôn khi đã bay xa nhau vô cực.

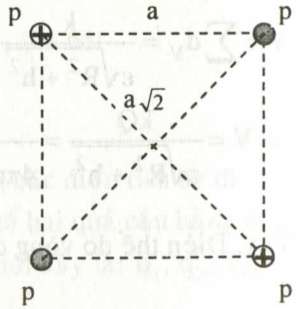
Bài giải

* *Nhận xét*: Ban đầu, lực tác dụng lên các hạt có độ lớn bằng nhau nhưng $\frac{M}{m} = 2000$ nên các hạt pôzitrôn có gia tốc lớn hơn gia tốc các hạt prôtôn 2000 lần. Do đó, các hạt pôzitrôn sẽ đi ra xa vô cực rất nhanh sau đó các hạt prôtôn sẽ tách ra do tương tác giữa chúng với nhau. Vì thế ta có thể coi rằng khi các pôzitrôn dịch chuyển thì các prôtôn đứng yên.

– Nếu không có các hạt prôtôn thì thế năng tương tác giữa các hạt pôzitrôn là:

$$W = eV = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}}$$

– Điện thế do mỗi hạt prôtôn gây ra tại vị trí mỗi hạt pôzitrôn là:



$$V' = \frac{ke}{a}$$

– Thế năng toàn phần của các hạt pôzitrôn là:

$$W_0 = W + 2eV' + 2eV' = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}} + \frac{4ke^2}{a}$$

$$\Rightarrow W_0 = \frac{ke^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 4\right)$$

– Khi các hạt pôzitrôn chuyển động ra rất xa nhau, toàn bộ thế năng này chuyển thành động năng của chúng: $W_0 = W_đ$.

$$\Leftrightarrow \frac{ke^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + 4\right) = 2\frac{mv^2}{2} = mv^2 \quad (1)$$

– Thế năng ban đầu của các hạt prôtôn là: $W' = \frac{ke^2}{a\sqrt{2}}$.

– Khi các hạt prôtôn chuyển động ra rất xa nhau, toàn bộ thế năng này chuyển thành động năng của chúng: $W' = W'_đ$.

$$\Leftrightarrow \frac{ke^2}{a\sqrt{2}} = 2\frac{Mv'^2}{2} = Mv'^2 \quad (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra: $\left(\frac{v}{v'}\right)^2 = \frac{M}{m}.\left(\frac{1}{\sqrt{2}}+4\right).\sqrt{2} = \frac{M}{m}.\left(1+4\sqrt{2}\right)$

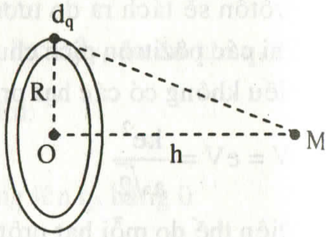
$$\Rightarrow \left(\frac{v}{v'}\right) = \sqrt{\frac{M}{m}.\left(1+4\sqrt{2}\right)} = \sqrt{2000.\left(1+4\sqrt{2}\right)} \approx 115.$$

Vậy: Tỉ số vận tốc của pôzitrôn và prôtôn khi đã bay xa nhau ra vô cực là $\left(\frac{v}{v'}\right) \approx 115.$

3.25. Vòng dây tròn bán kính R tích điện đều với điện tích Q. Tính điện thế tại M trên trục vòng dây, cách tâm một đoạn h.

Bài giải

– Chia vòng dây thành những đoạn vô cùng nhỏ d_l mang điện tích d_q coi như điện tích điểm.



Điện thế tại M trên trục vòng dây do d_q gây ra:

$$d_V = k\frac{d_q}{\varepsilon\sqrt{R^2+h^2}}$$

– Điện thế tổng cộng do vòng dây gây ra tại M:

$$V = \sum d_V = \frac{k}{\varepsilon\sqrt{R^2+h^2}}\sum d_q \text{ với } \sum d_q = Q$$

$$\Rightarrow V = \frac{kQ}{\varepsilon\sqrt{R^2+h^2}} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon.\varepsilon_0\sqrt{R^2+h^2}}$$

Vậy: Điện thế do vòng dây gây ra tại M là $V = \frac{Q}{4\pi.\varepsilon.\varepsilon_0\sqrt{R^2+h^2}}$.

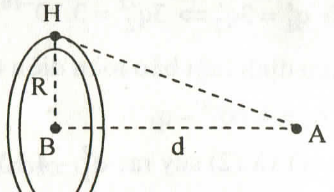
3.26. Vòng dây bán kính R tích điện Q phân bố đều, đặt trong không khí. Điện tích điểm q cùng dấu với Q từ A trên trục vòng chuyển động đến tâm B của vòng, AB = d. Tìm vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua được vòng dây. Khối lượng q là m.

Bài giải

Ta có: Vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua vòng dây tương ứng vận tốc ở B của q sẽ bằng 0.

– Năng lượng của q tại A: $W_A = k\frac{Qq}{\sqrt{R^2+d^2}} + \frac{mv_0^2}{2}$

– Năng lượng của q tại B: $W_B = k\frac{Qq}{R}$ (vì h = 0; $v_B = 0$)



– Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng:

$$W_A = W_B \Leftrightarrow k\frac{Qq}{\sqrt{R^2+d^2}} + \frac{mv_0^2}{2} = k\frac{Qq}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = kQq\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2+d^2}}\right)$$

$$\Rightarrow v_0^2 = \frac{2kQq}{m}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2+d^2}}\right) \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2kQq}{m}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2+d^2}}\right)}$$

Vậy: Vận tốc nhỏ nhất của q tại A để q vượt qua được vòng dây là $v_0 = \sqrt{\frac{2kQq}{m}\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{\sqrt{R^2+d^2}}\right)}$.

2. ĐIỆN THẾ CỦA VẬT DẪN TÍCH ĐIỆN

3.27. Hai quả cầu kim loại nhỏ có bán kính $R_1 = 3R_2$ đặt cách nhau đoạn r = 2cm trong không khí, hút nhau bằng lực $F = 27.10^{-3}$N. Nối hai quả cầu bằng dây dẫn. Khi bỏ dây nối chúng đẩy nhau bằng lực $F' = 6{,}75.10^{-3}$N. Tìm điện tích lúc đầu của các quả cầu.

Bài giải

– Gọi điện thế của mỗi quả cầu lúc ban đầu là V_1, V_2. Ta có:

$$V_1 = k\frac{q_1}{R_1};\ V_2 = k\frac{q_2}{R_2}$$

– Vì $V_1 \neq V_2$ nên khi nối hai quả cầu bằng dây dẫn, các điện tích sẽ di chuyển từ quả cầu này sang quả cầu kia cho tới khi điện thế hai quả cầu bằng nhau.

– Gọi điện tích và điện thế của các quả cầu sau khi nối dây là: q_1', q_2', V_1', V_2'.

Ta có: $V_1' = V_2' \Leftrightarrow k\frac{q_1'}{R_1} = k\frac{q_2'}{R_2} \Rightarrow \frac{q_1'}{q_2'} = \frac{R_1}{R_2} = 3$

– Lực hút ban đầu của hai quả cầu: $F = k\frac{|q_1q_2|}{r^2}$

$$\Rightarrow q_1q_2 = -\frac{F.r^2}{k} = -\frac{27.10^{-3}.0{,}02^2}{9.10^9} = -1{,}2.10^{-15} \quad (1)$$

– Lực đẩy lúc sau của hai quả cầu: $F' = k\frac{|q_1'q_2'|}{r^2}$

$$\Rightarrow q_1'q_2' = \frac{F'.r^2}{k} = \frac{6{,}75.10^{-3}.0{,}02^2}{9.10^9} = 3.10^{-16}$$

- Mà $q_1' = 3q_2' \Rightarrow 3q_2'^2 = 3.10^{-16} \Rightarrow q_2' = 10^{-8}C; q_1' = 3.10^{-8}C$
- Theo định luật bảo toàn điện tích: $q_1' + q_2' = q_1 + q_2 = 4.10^{-8}C$

$\Rightarrow q_2 = 4.10^{-8} - q_1$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $q_1^2 - 4.10^{-8}q_1 - 1{,}2.10^{-15} = 0$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} q_1 = 6.10^{-8}C; q_2 = -2.10^{-8}C \\ q_1 = -6.10^{-8}C; q_2 = 2.10^{-8}C \end{array}\right. \text{hoặc} \left[\begin{array}{l} q_1 = -2.10^{-8}C; q_2 = 6.10^{-8}C \\ q_1 = 2.10^{-8}C; q_2 = -6.10^{-8}C \end{array}\right.$$

3.28. Có n giọt thủy ngân hình cầu giống nhau được tích điện, điện thế bề mặt mỗi quả cầu là V_0. Nhập các giọt này thành một giọt hình cầu lớn. Tìm điện thế trên mặt giọt lớn này.

Bài giải

- Điện thế bề mặt của một giọt thủy ngân nhỏ (bán kính r) là: $V_0 = \dfrac{kq}{r}$.
- Điện thế bề mặt của giọt thủy ngân lớn (bán kính R) là: $V = \dfrac{knq}{R}$.
- Mặt khác, thể tích của giọt thủy ngân lớn bằng thể tích của n giọt thủy ngân nhỏ nên:

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = n.\frac{4}{3}\pi r^3 \Rightarrow R = r\sqrt[3]{n}$$

Do đó: $V = \dfrac{knq}{r.\sqrt[3]{n}} = \sqrt[3]{n^2}.\dfrac{kq}{r} = \sqrt[3]{n^2}V_0$.

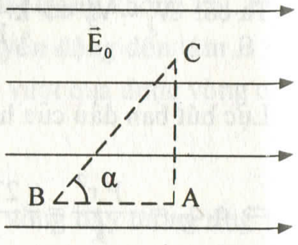
Vậy: Điện thế trên mặt giọt thủy ngân lớn là $V = \sqrt[3]{n^2}V_0$.

3. LIÊN HỆ GIỮA CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

3.29. Tam giác ABC vuông tại A được đặt trong điện trường đều $\overrightarrow{E_0}$, $\alpha = ABC = 60^0$; AB // $\overrightarrow{E_0}$. Biết BC = 6cm, U_{BC} = 120V.

a) Tìm U_{AC}, U_{BA} và cường độ điện trường E_0.

b) Đặt thêm ở C điện tích điểm $q = 9.10^{-10}C$. Tìm cường độ điện trường tổng hợp ở A.



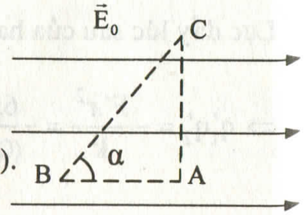
Bài giải

a) Tính U_{AC}, U_{BA} và E_0

- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, C:

$U_{AC} = qE_0.A'C' = 0$

(A'C' là hình chiếu của AC lên phương của đường sức).



- Hiệu điện thế giữa hai điểm B, A:

$U_{BA} = qE_0.B'A' = U_{BC} = 120$ V

- Cường độ điện trường E_0:

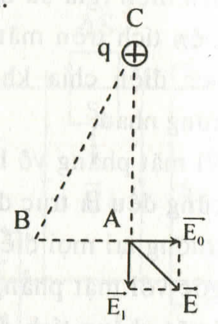
$$E_0 = \frac{U_{BC}}{B'C'} = \frac{120}{BA} \quad (\text{với } \cos\alpha = \frac{BA}{BC} \Rightarrow BA = BC\cos\alpha)$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{120}{BC.\cos\alpha} = \frac{120}{0{,}06.\cos60^0} = \frac{120}{0{,}06.0{,}5} = 4000 \text{ V/m}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm AC là $U_{AC} = 0$; hiệu điện thế giữa hai điểm BA là U_{BA} = 120V; cường độ điện trường E_0 = 4000 V/m.

b) Cường độ điện trường tổng hợp tại A

- Cường độ điện trường do q gây ra ở A:



$$E_1 = \frac{kq}{AC^2} = \frac{kq}{(BC\sin\alpha)^2}$$

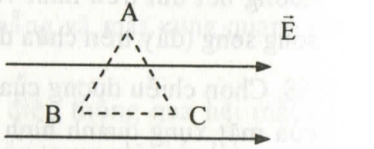
$$E_1 = \frac{9.10^9.9.10^{-10}}{(0{,}06.\sin60^0)^2} = \frac{9.10^9.9.10^{-10}}{(0{,}06.\frac{\sqrt{3}}{2})^2} = 3000 \text{ V/m}$$

- Cường độ điện trường tổng hợp ở A: $\vec{E} = \overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_0}$

Vì $\overrightarrow{E_1} \perp \overrightarrow{E_0} \Rightarrow E = \sqrt{E_1^2 + E_0^2} = \sqrt{3000^2 + 4000^2} = 5000$ V/m.

Vậy: Cường độ điện trường tổng hợp tại A là E = 5000 V/m.

3.30. Điện tích $q = 10^{-8}C$ di chuyển dọc theo các cạnh của tam giác đều ABC cạnh a = 10cm trong điện trường đều cường độ điện trường là: E = 300V/m, E // BC. Tính công của lực điện trường khi q di chuyển trên mỗi cạnh tam giác.

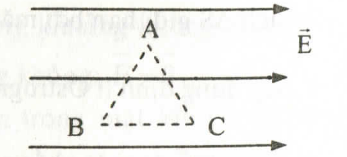


Bài giải

- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh AB của tam giác:

$$A_{AB} = -q.E.A'B' = -q.E.\frac{a}{2} = -10^{-8}.300.\frac{0{,}1}{2} = -1{,}5.10^{-7} \text{ J}$$

- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh BC của tam giác:



$A_{BC} = q.E.BC = 10^{-8}.300.0{,}1 = 3.10^{-7}$ J

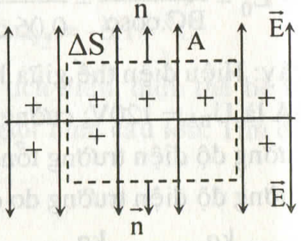
- Công của lực điện trường khi q di chuyển trên cạnh CA của tam giác:

$A_{CA} = -q.E.A'C' = A_{AB} = -1{,}5.10^{-7}$ J.

3.31. Mặt phẳng diện tích S tích điện q phân bố đều. hai tấm kim loại có cùng diện tích S đặt 2 bên mặt q cách mặt q những đoạn nhỏ l_1, l_2. Tìm hiệu điện thế giữa 2 tấm kim loại.

Bài giải

– Trước hết cần xác định cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều đặt trong chân không.



+ Gọi $\sigma = \dfrac{q}{S}$ là mật độ điện mặt của mặt phẳng tích điện (giả sử σ > 0). Do tính chất phân bố điện tích trên mặt phẳng, ta thấy mặt phẳng tích điện chia không gian làm hai nửa đối xứng nhau.

Vì mặt phẳng vô hạn, nên bất kì đường thẳng nào vuông góc với mặt phẳng cũng đều là trục đối xứng của hệ điện tích. Do đó, các vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm bên ngoài mặt phẳng đều song song với nhau và vuông góc với mặt phẳng có độ lớn bằng nhau, hướng ra xa mặt phẳng nếu σ > 0 (mặt phẳng tích điện dương) và hướng về phía mặt phẳng nếu σ < 0 (mặt phẳng tích điện âm). Như vậy ở mỗi nửa không gian hai bên mặt phẳng tích điện, điện trường là đều.

+ Để xác định cường độ điện trường do mặt phẳng tích điện gây ra tại A cách mặt phẳng một khoảng h, ta chọn mặt kín S là một hình trụ (biểu diễn bằng đường nét đứt trên hình vẽ) có đường sinh vuông góc với mặt phẳng, hai đáy song song (đáy trên chứa điểm A) cách mặt phẳng một khoảng h và có diện tích ΔS. Chọn chiều dương của pháp tuyến $\vec{n}$ hướng ra ngoài mặt S. Vì pháp tuyến của mặt xung quanh hình trụ vuông góc đường sức nên $\alpha = 90^0 \Rightarrow \cos\alpha = 0$ điện thông qua mặt xung quanh bằng không. Điện thông toàn phần qua mặt S chỉ còn bằng điện thông qua hai đáy và có giá trị:

$N = 2E\Delta S.\cos\alpha = 2E.\Delta S$

+ Điện tích q ở bên trong mặt ΔS là điện tích có trên phần mặt phẳng có diện tích ΔS giới hạn bởi mặt trụ: $q = \sigma.\Delta S$.

+ Áp dụng định lí Ostrogradski – Gauss: $N = 2E.\Delta S = \dfrac{\sigma.\Delta S}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

+ Điện thế do mặt phẳng tích điện q gây ra tại tấm kim loại cách mặt q đoạn l_2 là:

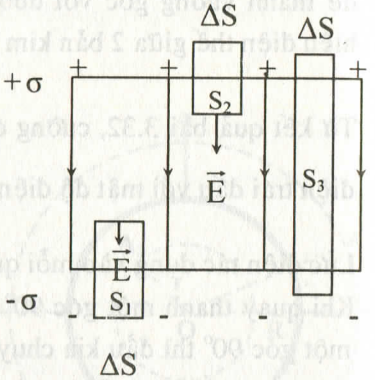
$$V_1 = Ex = \frac{\sigma.l_1}{2\varepsilon_0};\ V_2 = Ex = \frac{\sigma.l_2}{2\varepsilon_0}$$

– Hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại: $U_{12} = V_1 - V_2 = \dfrac{\sigma(l_1 - l_2)}{2\varepsilon_0} = \dfrac{q(l_1 - l_2)}{2\varepsilon_0 S}$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai tấm kim loại là $U_{12} = \dfrac{q(l_1 - l_2)}{2\varepsilon_0 S}$.

3.32. Hai mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều trái dấu nhau, mật độ điện mặt ±σ. Chọn gốc điện thế ở bản tích điện âm, trục Ox hướng vuông góc từ bản âm sang bản dương. Tìm điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản.

Bài giải



– Áp dụng kết quả tìm được ở bài 10.5 về cường độ điện trường do một mặt phẳng rộng vô hạn tích điện đều gây ra, ta vận dụng định lí Ostrogradski – Gauss cho hệ hai mặt phẳng tích điện. Vì điện tích phân bố đều trên hai mặt phẳng nên dễ dàng nhận xét rằng cường độ điện trường gây bởi từng mặt và bởi cả hai mặt có phương vuông góc với các mặt. Mặt khác, cường độ điện trường có độ lớn như nhau tại các điểm cách đều mặt phẳng.

Ngoài ra, ở trong khoảng giữa hai mặt phẳng, vectơ $\vec{E}$ có chiều từ mặt phẳng tích điện dương sang mặt phẳng tích điện âm. Chọn mặt kín S là mặt trụ, có hai đáy song song diện tích ΔS cách đều mặt phẳng và mặt xung quanh hình trụ vuông góc với mặt phẳng.

+ Điện thông N qua toàn bộ mặt S chỉ còn bằng điện thông qua hai mặt đáy. Đối với mặt kín S_3 thì tổng đại số các điện tích bên trong mặt kín là:

$\sum q = \sigma\Delta S + (-\sigma\Delta S) = 0$

+ Áp dụng định lí Ostrogradski – Gauss: $N = \dfrac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 2E.\Delta S = 0 \Rightarrow E = 0$

Như vậy, cường độ điện trường tại mọi điểm trong khoảng không gian bên ngoài hệ hai mặt phẳng (ở cả hai phía của hệ) bằng không: $\vec{E} = \vec{0}$.

+ Đối với các mặt kín S_1, S_2 thì điện tích q ở bên trong mặt kín có độ lớn $q = \sigma\Delta S$ và $N = E.\Delta S$. Do đó:

$$N = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E.\Delta S = \frac{\sigma\Delta S}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

- Điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản: $V = Ex = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}x$

Vậy: Điện thế tại một điểm trong khoảng giữa hai bản là $V = Ex = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}x$.

3.33. Hai bản kim loại phẳng đặt song song cách nhau d = 10cm được tích điện trái dấu và cùng độ lớn. Một thanh điện môi chiều dài l = 1cm nằm dọc theo một đường sức, hai đầu thanh có 2 điện tích điểm cùng độ lớn $q = 10^{-11}C$ nhưng trái dấu. Khi quay thanh góc 90^0 quanh trục qua một điểm trên thanh để thanh vuông góc với đường sức, cần thực hiện công $A' = 3.10^{-10}J$. Tính hiệu điện thế giữa 2 bản kim loại.

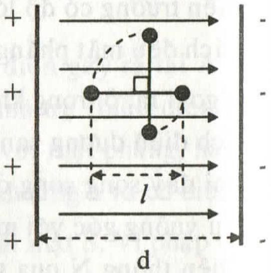
Bài giải

- Từ kết quả bài 3.32, cường độ điện trường giữa hai bản kim loại phẳng tích điện trái dấu với mật độ điện mặt $+\sigma$ là: $E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} = 4\pi k\sigma$.
- Lực điện tác dụng vào mỗi quả cầu có độ lớn: $F = qE = q.4\pi k\sigma$.
- Khi quay thanh một góc 90^o quanh một trục qua một điểm bất kì trên thanh một góc 90^o thì đầu kia chuyển động dọc theo đường sức so với đầu này của thanh một đoạn $s = l$ nên công phải thực hiện là:

  $A' = Fs = q.4\pi k\sigma l$
- Hiệu điện thế giữa hai bản kim loại là: $U = Ed$

$$\Rightarrow U = 4\pi k\sigma.d = \frac{A'd}{ql} = \frac{3.10^{-10}.10^{-1}}{10^{-11}.10^{-2}} = 300\text{ V}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản kim loại là U = 300V.



3.34. Một vật dẫn tích điện phân bố đều trên bề mặt với mật độ điện mặt σ. Tính cường độ điện trường tại một điểm ở sát mặt ngoài của vật dẫn.

Bài giải

- Điện thông qua mặt kín S: $N = \sum_S E\Delta S.\cos\alpha = ES$
- Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $N = \dfrac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}.\Sigma q_i = \dfrac{1}{\varepsilon\varepsilon_0}.\Sigma\sigma dS = \dfrac{\sigma S}{\varepsilon\varepsilon_0}$

$$\Rightarrow ES = \frac{\sigma S}{\varepsilon\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \text{ (trong chân không } \varepsilon = 1)$$

Vậy: Cường độ điện trường tại một điểm sát mặt vật dẫn là $E = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$.

3.35. Một quả cầu kim loại bán kính R được tích điện q phân bố đều trên bề mặt. Tính điện thế tại một điểm cách tâm quả cầu đoạn r.

Bài giải

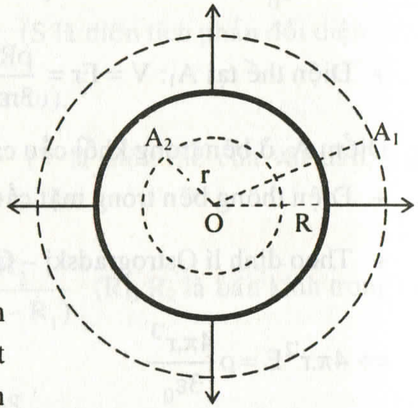
Trước hết cần xác định cường độ điện trường gây bởi mặt cầu kim loại tâm O, bán kính R, tích điện q > 0.

- Điểm A_1 bên ngoài mặt cầu cách tâm O một khoảng r > R.
  + Xét mặt cầu S_1, tâm O, bán kính r chứa điểm A_1. Vì lí do đối xứng tại mọi điểm trên S_1 vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ đều vuông góc với S_1 (tức là có phương trùng với bán kính), có độ lớn bằng nhau, hướng ra xa tâm O nếu $\sigma > 0$, hướng về phía tâm O nếu $\sigma < 0$.
  + Điện thông qua mặt kín S_1: $N = 4\pi r^2E$
  + Theo định lí Ostrogradski – Gauss:

$$N = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 4\pi.r^2E = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{q}{4\pi r^2\varepsilon_0} = \frac{kq}{r^2}$$

  + Điện thế tại A_1: $V_{A1} = Er = \dfrac{kq}{r}$



- Điểm A_2 bên trong mặt cầu tích điện cách tâm O một khoảng r < R: Vì quả cầu là vật đẳng thế nên điện thế tại một điểm bên trong quả cầu bằng điện thế tại một điểm trên mặt quả cầu: r’ = R.
  + Xét mặt cầu S_2, tâm O, bán kính r’ = R chứa điểm A’.
  + Điện thông qua mặt kín S_2: $N = 4\pi.R^2E$
  + Áp dụng định lí Ostrogradski – Gauss:

$$N = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow 4\pi R^2E = \frac{q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{q}{4\pi R^2\varepsilon_0} = \frac{kq}{R^2}$$

  + Điện thế tại A’: $V_{A'} = ER = \dfrac{kq}{R}$.

Vậy: Với r < R: $V_{A2} = V_{A'} = \dfrac{kq}{R}$; $r \geq R$: $V_{A1} = \dfrac{kq}{r}$.

3.36. Quả cầu bán kính R tích điện đều với mật độ điện khối ρ. Tính điện thế tại điểm cách tâm quả cầu một đoạn r.

Bài giải

Vì sự phân bố điện tích có tính đối xứng cầu nên đường sức điện trường là những đường thẳng trùng với phương bán kính, hướng ra xa tâm O của khối cầu nếu S > 0, hoặc hướng về tâm O nếu S < 0. Hơn nữa, tại các điểm cách đều tâm O, cường độ điện trường có giá trị như nhau. Chọn mặt kín S là mặt cầu đồng tâm với khối cầu và chứa điểm khảo sát.

– Điểm A_1, ở bên ngoài khối cầu tích điện cách tâm O một khoảng r > R: Xét mặt cầu S_1, tâm O, bán kính r chứa điểm A_1:

+ Điện thông qua mặt S_1: $N = E.\Delta S = 4\pi.r^2E$

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss:

$$N = \frac{q}{\varepsilon_0} \Leftrightarrow 4\pi.r^2E = \rho\frac{4\pi R^3}{3} \Rightarrow E = \frac{\rho R^3}{3r^2\varepsilon_0}$$

+ Điện thế tại A_1: $V = Er = \frac{\rho R^3}{3r\varepsilon_0}$.

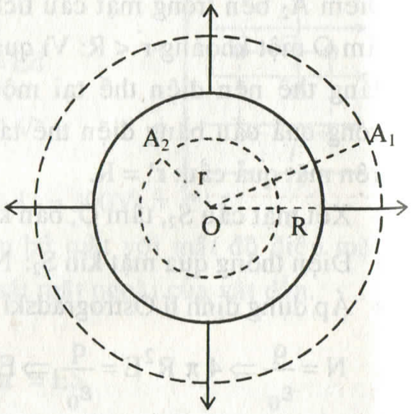
– Điểm A_2 ở bên trong khối cầu cách tâm O một khoảng r' < R.

+ Điện thông bên trong mặt cầu S_2: $N = E.\Delta S = E.4\pi.r'^2$

+ Theo định lí Ostrogradski – Gauss: $N = \frac{q}{\varepsilon_0}$

$$\Leftrightarrow 4\pi.r'^2E = \rho\frac{4\pi.r'^3}{3\varepsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\rho r'}{3\varepsilon_0}$$



+ Điện thế tại A_2: $V = Er' = \frac{\rho r'^2}{3\varepsilon_0}$

Vậy: Với r > R thì $V = \frac{\rho R^3}{3r\varepsilon_0}$; với r = R thì $V = \frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}$; với r < R thì $V = \frac{\rho r'^2}{3\varepsilon_0}$.

Chuyên đề 4: TỤ ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Tụ điện

1. Định nghĩa: Tụ điện là một hệ gồm hai vật dẫn đạt cách điện với nhau, mỗi vật dẫn được gọi là một bản tụ điện. Mỗi tụ điện có hai bản: bản dương và bản âm.

2. Điện dung của tụ điện

– Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện: $C = \frac{Q}{U}$ (Q = |Q| = |Q'| là điện tích tụ điện; U là hiệu điện thế giữa hai bản tụ)

– Điện dung của tụ điện phẳng: $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi kd}$. (S là diện tích phần đối diện giữa hai bản tụ; d là khoảng cách giữa hai bản tụ).

– Điện dung của vật dẫn cô lập: $C = \frac{Q}{V}$ (V là điện thế của vật dẫn;Q là điện tích của vật dẫn).

– Điện dung của tụ điện cầu: $C = \frac{\varepsilon R_1R_2}{4\pi k(R_2 - R_1)}$ (R_1, R_2 là bán kính trong và ngoài của tụ).

– Điện dung của tụ điện xoay: $C = \frac{(n-1)S}{4\pi kd}$, với:

+ n là số lá tụ, S là diện tích phần đối diện giữa các lá tụ, d là khoảng cách giữa hai lá tụ sát nhau.

+ Khi tụ xoay, S thay đổi nên C thay đổi:

$$C_{max} = \frac{(n-1)S_{max}}{4\pi kd};\ C_{min} = \frac{(n-1)S_{min}}{4\pi kd}.$$

3. Ghép các tụ điện

a) Ghép song song:

Ghép liên tiếp bản âm của tụ này với bản dương của tụ kế tiếp.

$U_b = U_1 = U_2 = \ldots;\quad Q_b = Q_1 + Q_2 + \ldots;\quad C_b = C_1 + C_2 + \ldots$

b) Ghép nối tiếp: Ghép các bản cùng tên của các tụ lại với nhau.

$U_b = U_1 + U_2 + \ldots;\quad Q_b = Q_1 = Q_2 = \ldots;\quad \frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$

c) Ghép hỗn tạp: Vừa ghép nối tiếp vừa ghép song song.

II. Năng lượng của tụ điện

– Năng lượng của tụ điện: $W = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}.\frac{Q^2}{C}$

– Mật độ năng lượng điện trường: Trong không gian giữa hai bản tụ có điện trường nên có thể nói năng lượng của tụ điện là năng lượng điện trường. Gọi V = Sd là thể tích vùng không gian giữa hai bản tụ thì mật độ năng lượng điện trường là:

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2}.\frac{CU^2}{Sd} = \frac{1}{2}.\frac{\frac{\varepsilon S}{4\pi kd}.(Ed)^2}{Sd} = \frac{\varepsilon E^2}{8\pi k}$$ (với tụ điện phẳng).

Chú ý: $1\,\mu F = 10^{-6}F$; $1nF = 10^{-9}F$; $1pF = 10^{-12}F$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Khi giải các bài toán về tính điện dung, điện tích và hiệu điện thế của một tụ điện cần chú ý:

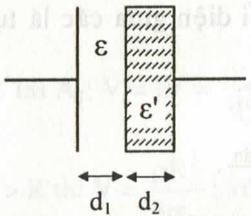
+ loại tụ điện: phẳng, cầu, xoay,..., môi trường giữa hai bản tụ điện (ε).

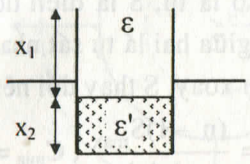
+ đổi đơn vị hợp pháp: đơn vị của Q ra (C); đơn vị của U ra (V); đơn vị của C ra (F).

+ các dữ kiện: nối tụ vào nguồn: U = const; ngắt tụ khỏi nguồn: Q = const.

+ đặt vào tụ một tấm điện môi ε': hệ gồm 2 tụ ghép nối tiếp: tụ 1 (ε, d_1); tụ 2 (ε', d_2), với $d_1 + d_2 = d$.

+ nhúng tụ vào chất điện môi ε': hệ gồm 2 tụ ghép song song: tụ 1 (ε, x_1); tụ 2 (ε', x_2), với $x_1 + x_2 = x$.





– Với các bài toán ghép tụ cần chú ý:

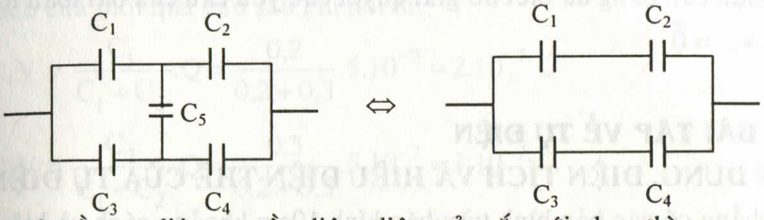
+ Khi ghép các tụ chưa tích điện trước:

- Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \ldots$; $Q_b = Q_1 + Q_2 + \ldots$; $C_b = C_1 + C_2 + \ldots$
- Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \ldots$; $Q_b = Q_1 = Q_2 = \ldots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$

+ Khi ghép các tụ đã tích điện trước:

- Ghép song song: $U_b = U_1 = U_2 = \ldots$; $C_b = C_1 + C_2 + \ldots$
- Ghép nối tiếp: $U_b = U_1 + U_2 + \ldots$; $\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots$
- Định luật bảo toàn điện tích cho hệ cô lập: $\Sigma Q_i = \text{const}$.

+ Với mạch tụ cầu cân bằng ($\frac{C_1}{C_3} = \frac{C_2}{C_4}$): Mạch tương đương [($C_1$ nt C_2) // (C_3 nt C_4)].



– Nếu mạch gồm tụ điện, nguồn điện, điện trở mắc với nhau thì:

+ Nếu trong mạch có dòng điện thì khi giải cần:

- Tính cường độ dòng điện trong các đoạn mạch.
- Tính hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch chứa tụ điện (bằng các định luật Ôm).
- Suy ra điện tích trên từng tụ điện.

+ Nếu trong mạch không có dòng điện thì khi giải cần:

- Viết phương trình điện tích cho từng đoạn mạch.
- Viết phương trình điện tích cho các bản tụ nối với một nút mạch.
- Suy ra hiệu điện thế, điện tích trên từng tụ điện.

– Để xác định lượng điện tích di chuyển qua một đạn mạch cần:

+ Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với một đầu của đoạn mạch lúc đầu: Q.

+ Xác định tổng điện tích trên các bản tụ nối với đầu nói trên của đoạn mạch lúc sau: Q'.

+ Suy ra lượng điện tích qua đoạn mạch trên: $\Delta Q = |Q' - Q|$.

– Cần chú ý đến giới hạn hoạt động của tụ điện khi xác định hiệu điện thế cực đại đặt vào tụ hoặc tính điện trường đánh thủng của tụ: $U_{gh} = E_{gh}d$. Với bộ tụ thì $(U_b)_{gh} = \min\{(U_{gh})_i\}$.

– Năng lượng của bộ tụ bằng tổng năng lượng của các tụ ghép thành bộ: $W_b = \Sigma W_i = W_1 + W_2 + \ldots$

– Trong điện trường của tụ điện, các điện tích thường chuyển động theo quỹ đạo là đường cong nên để giải các bài toán về chuyển động của các điện tích ta thường sử dụng "*Phương pháp tọa độ*" bằng cách:

+ Phân tích chuyển động của điện tích thành hai chuyển động thành phần đơn giản trên hai trục tọa độ Ox, Oy.
+ Khảo sát chuyển động riêng rẽ của điện tích trên hai trục tọa độ đó.
+ Phối hợp các chuyển động thành phần thành chuyển động thực của điện tích.

Chú ý: Các lực thường gặp: trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$; lực điện $\vec{F} = q\vec{E}$;...

– Khi điện tích nằm cân bằng trong điện trường của tụ điện ta cũng dựa vào điều kiện cân bằng đã biết để giải quyết các yêu cầu của bài toán loại này: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... = \vec{0}$

C. CÁC BÀI TẬP VỀ TỤ ĐIỆN

1. ĐIỆN DUNG, ĐIỆN TÍCH VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ CỦA TỤ ĐIỆN

4.1. Tụ phẳng có các bản hình tròn bán kính 10cm khoảng cách và hiệu điện thế hai bản là 1cm, 108V. Giữa 2 bản là không khí. Tìm điện tích tụ điện.

Bài giải

– Diện tích phần đối diện của hai bản tụ là: $S = \pi R^2 = \pi.0,1^2 = 0,01\pi\ (m^2)$

– Điện dung của tụ điện phẳng là:

$$C = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi.d} = \frac{1.0,01.\pi}{9.10^9.4\pi.0,01} = 2,78.10^{-11}\ F$$

– Điện tích của tụ điện là: $Q = CU = 2,78.10^{-11}.108 = 3.10^{-9}$ C.

Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 3.10^{-9}$ C.

4.2. Quả cầu điện dung C = 50pF tích điện ở hiệu điện thế U = 180V. Tính điện tích và bán kính quả cầu.

Bài giải

– Điện tích của quả cầu: $Q = CU = 50.10^{-12}.180 = 9.10^{-9}$ C.

– Khi quả cầu được tích điện Q, điện tích sẽ phân bố đều trên bề mặt quả cầu.

Điện thế của quả cầu là: $V = 9.10^9\frac{Q}{\varepsilon R} = 9.10^9.\frac{9.10^{-9}}{R} = \frac{81}{R}$

– Điện dung của quả cầu là:

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = U \Rightarrow \frac{81}{R} = 180 \Rightarrow R = 0,45\ m = 45\ cm.$$

Vậy: Điện tích và bán kính của quả cầu là $Q = 9.10^{-9}$ C và R = 45 cm.

4.3. Quả cầu điện dung $C_1 = 0,2\,\mu F$ tích điện $Q = 5.10^{-7}$C. Nối quả cầu này với một quả cầu ở xa không tích điện, điện dung $C_2 = 0,3\,\mu F$ bằng dây dẫn mảnh. Tính điện tích mỗi quả cầu sau khi nối.

Bài giải

– Sau khi nối, hai quả cầu có cùng điện thế V và điện tích trên hai quả cầu lần lượt là: $Q_1 = C_1V$; $Q_2 = C_2V$.

– Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q_1 + Q_2 = Q$

$$\Rightarrow (C_1 + C_2)V = Q \Rightarrow V = \frac{Q}{C_1 + C_2}$$

– Điện tích của mỗi quả cầu sau khi nối là:

$$Q_1 = C_1V = \frac{C_1}{C_1 + C_2}.Q = \frac{0,2}{0,2 + 0,3}.5.10^{-7} = 2.10^{-7}\ C$$

$$Q_2 = C_2V = \frac{C_2}{C_1 + C_2}.Q = \frac{0,3}{0,2 + 0,3}.5.10^{-7} = 3.10^{-7}\ C$$

4.4. Tụ phẳng không khí điện dung C = 2pF được tích điện ở hiệu điện thế U = 600V.

a) Tính điện tích Q của tụ.

b) Ngắt tụ khỏi nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2. Tính C_1, Q_1, U_1 của tụ.

c) Vẫn nối tụ với nguồn, đưa hai bản tụ ra xa để khoảng cách tăng gấp 2 lần. Tính C2, Q2, U2 của tụ.

Bài giải

a) Điện tích Q của tụ

Ta có: $Q = CU = 2.10^{-12}.600 = 1,2.10^{-9}$ C.

Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 1,2.10^{-9}$ C.

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn: Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích không đổi nên: $Q_1 = Q = 1,2.10^{-9}$ C

– Điện dung của tụ điện: $C_1 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi.2d} = \frac{C}{2} = \frac{2.10^{-12}}{2} = 10^{-12}\ F = 1\ pF$

– Hiệu điện thế của tụ điện: $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{1,2.10^{-9}}{10^{-12}} = 1200\ V$.

Vậy: Khi ngắt tụ khỏi nguồn và đưa hai bản tụ ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là $Q_1 = 1,2.10^{-9}$C điện dung của tụ là C_1 = 1pF và hiệu điện thế của tụ là U_1 = 1200 V.

c) Khi vẫn nối tụ với nguồn điện: Khi vẫn nối tụ với nguồn thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ không đổi: $U_2 = U = 600$ V

– Điện dung của tụ: $C_2 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi.2d} = \frac{C}{2} = 10^{-12}\ F = 1\ pF$

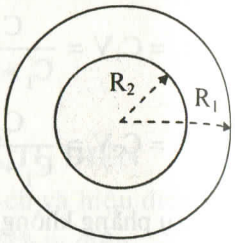
– Điện tích của tụ: $Q_2 = C_2U_2 = 10^{-12}.600 = 0,6.10^{-9}$ C.

Vậy: Khi vẫn nối tụ với nguồn điện và đưa hai bản ra xa gấp đôi thì điện tích của tụ là $Q_2 = 0,6.10^{-9}$C điện dung của tụ là $C_2 = 1$pF và hiệu điện thế của tụ là $U_2 = 600$ V.

4.5. Một tụ điện cầu được cấu tạo bởi một quả cầu bán kính R_1 và vỏ cầu bán kính R_2 ($R_1 < R_2$). Tính điện dung của tụ.

Bài giải

Ta có: Hai bản tụ điện là hai mặt cầu kim loại đồng tâm bán kính R_1, R_2.



– Điện thế của mỗi bản:

$$V_1 = k\frac{Q}{\varepsilon R_1};\ \ V_2 = k\frac{Q}{\varepsilon R_2}$$

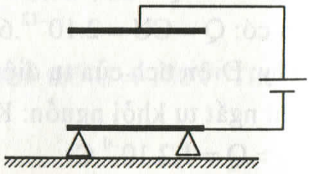
– Hiệu điện thế giữa hai bản: $U = V_1 - V_2 = \frac{kQ}{\varepsilon}(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})$

– Điện dung của tụ điện cầu là:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\varepsilon}{k(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2})} = \frac{\varepsilon R_1 R_2}{k(R_2 - R_1)} = \frac{4\pi\,\varepsilon\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}\ \ (\text{với } k = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0})$$

(Trong chân không hoặc không khí: $\varepsilon = 1$ nên $C = \frac{4\pi\,\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$).

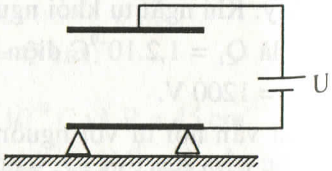
4.6. Tụ phẳng không khí, diện tích mỗi bản S, khoảng cách d nối với nguồn U. bản trên của tụ được giữ cố định, bản dưới có bề dày h, khối lượng riêng D đặt trên đế cách điện. Biết bản tụ dưới không nén lên đế. Tính U.



Bài giải

– Bản tụ dưới không nén lên đế tức là trọng lượng của bản tụ đã cân bằng với lực điện trường: $P = F \Leftrightarrow mg = qE$

với $E = \frac{q}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$ là cường độ điện trường do một bản tụ gây ra.



$$\Leftrightarrow DShg = \frac{q^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 S} \Leftrightarrow DShg = (\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d})^2.\frac{U^2}{2\varepsilon\varepsilon_0 S}$$

$$\Rightarrow U = d\sqrt{\frac{2Dhg}{\varepsilon\varepsilon_0}}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là $U = d\sqrt{\frac{2Dhg}{\varepsilon\varepsilon_0}}$.

---

2. GHÉP CÁC TỤ ĐIỆN

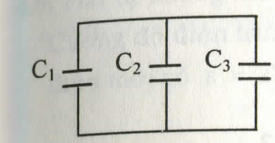
4.7. Tính điện dung tương đương, điện tích và hiệu điện thế trong mỗi tụ trong các trường hợp sau:

a) $C_1 = 2\,\mu F, C_2 = 4\,\mu F, C_3 = 6\,\mu F; U = 100V$.

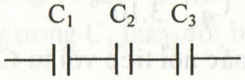
b) $C_1 = 1\,\mu F, C_2 = 1,5\,\mu F, C_3 = 3\,\mu F; U = 120V$.

c) $C_1 = 0,2\,\mu F, C_2 = 1\,\mu F, C_3 = 3\,\mu F; U = 12V$.

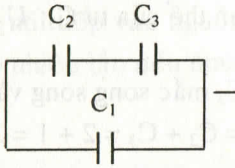
d) $C_1 = C_2 = 2\,\mu F, C_3 = 1\,\mu F; U = 10V$.



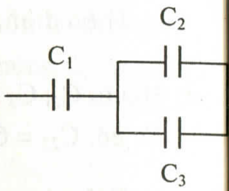
Hình a



Hình b



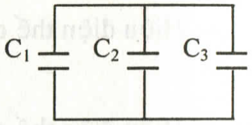
Hình c



Hình d

Bài giải

a) Ba tụ ghép song song:



Hình a

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 4 + 6 = 12\mu F$.

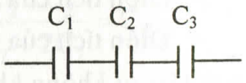
– Hiệu điện thế mỗi tụ: $U_1 = U_2 = U_3 = U = 100$ V.

– Điện tích tụ C_1: $Q_1 = C_1U_1 = 2.10^{-6}.100 = 2.10^{-4}$ C.

– Điện tích tụ C_2: $Q_2 = C_2U_2 = 4.10^{-6}.100 = 4.10^{-4}$ C.

– Điện tích tụ C_3: $Q_3 = C_3U_3 = 6.10^{-6}.100 = 6.10^{-4}$ C.

b) Ba tụ ghép nối tiếp:



Hình b

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

$$\Rightarrow \frac{1}{C} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3} = 2\ \ \Rightarrow C = 0,5\ \mu F$$

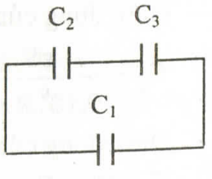
– Điện tích của mỗi tụ: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q = CU = 0,5.10^{-6}.120 = 6.10^{-5}$ C.

– Hiệu điện thế của tụ C_1: $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{6.10^{-5}}{10^{-6}} = 60$ V

– Hiệu điện thế của tụ C_2: $U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{6.10^{-5}}{1,5.10^{-6}} = 40$ V

– Hiệu điện thế của tụ C_3: $U_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{6.10^{-5}}{3.10^{-6}} = 20$ V.

c) Hai tụ C_2, C_3 mắc nối tiếp nhau và mắc song song với tụ C_1:



Hình c

Ta có: $C_{23} = \frac{C_2.C_3}{C_2 + C_3} = \frac{1.3}{1+3} = 0,75\ \mu F$

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_1 + C_{23} = 0,25 + 0,75 = 1\ \mu F$

– Hiệu điện thế của tụ C_1: $U_1 = U_{23} = U = 120$ V.

– Điện tích của tụ C_1: $Q_1 = C_1U_1 = 0,25.10^{-6}.120 = 3.10^{-5}$ C.

– Điện tích của tụ C_2 và C_3: $Q_{23} = C_{23}U_{23} = 0,75.10^{-6}.120 = 9.10^{-5}$ C.

$\Rightarrow Q_2 = Q_3 = Q_{23} = 9.10^{-5}$ C

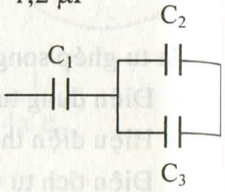
– Hiệu điện thế của tụ C_2: $U_2 = \dfrac{Q_2}{C_2} = \dfrac{9.10^{-5}}{10^{-6}} = 90$ V

– Hiệu điện thế của tụ C_3: $U_3 = \dfrac{Q_3}{C_3} = \dfrac{9.10^{-5}}{3.10^{-6}} = 30$ V .

d) Hai tụ C_2, C_3 mắc song song và mắc nối tiếp với tụ C_1:

Ta có: $C_{23} = C_2 + C_3 = 2 + 1 = 3\mu F$

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \dfrac{C_1C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \dfrac{2.3}{2+3} = 1,2\ \mu F$



Hình d

– Điện tích của tụ C_1:

$Q_1 = Q_{23} = Q = CU = 1,2.10^{-6}.10 = 1,2.10^{-5}$ C.

– Hiệu điện thế của tụ C_1: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{1,2.10^{-5}}{2.10^{-6}} = 6$ V .

– Hiệu điện thế của tụ C_2, C_3: $U_2 = U_3 = U_{23} = \dfrac{Q_{23}}{C_{23}} = \dfrac{1,2.10^{-5}}{3.10^{-6}} = 4$ V .

– Điện tích của tụ C_2: $Q_2 = C_2U_2 = 2.10^{-6}.4 = 0,8.10^{-5}$ C.

– Điện tích của tụ C_3: $Q_3 = C_3U_3 = 10^{-6}.4 = 0,4.10^{-5}$ C.

4.8. Hai tụ không khí phẳng $C_1 = 0,2\ \mu F$, $C_2 = 0,4\ \mu F$ mắc song song. Bộ tụ được tích điện đến hiệu điện thế U = 450V rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó lấp đầy khoảng giữa 2 bản C_2 bằng điện môi $\varepsilon = 2$. Tính hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ.

Bài giải

– Điện dung của bộ tụ trước khi ngắt khỏi nguồn:

$C = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,4 = 0,6\ \mu F$

– Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = 0,6.10^{-6}.450 = 2,7.10^{-4}$ C

– Điện dung của tụ C_2 sau khi lấp đầy điện môi:

$$C'_2 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi.d} = \varepsilon C_2 = 2.0,4 = 0,8\ \mu F$$

– Điện dung của bộ tụ sau khi lấp đầy C_2 bằng điện môi:

$C' = C_1 + C_2 = 0,2 + 0,8 = 1\ \mu F$

– Ngắt tụ ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi: $Q' = Q = 2,7.10^{-4}$ C

– Hiệu điện thế của bộ tụ sau khi ngắt khỏi nguồn: $U' = \dfrac{Q'}{C'} = \dfrac{2,7.10^{-4}}{10^{-6}} = 270$ V

– Điện tích của tụ C_1: $Q'_1 = C_1U'_1 = 0,2.10^{-6}.270 = 5,4.10^{-5}$ C

– Điện tích của tụ C_2: $Q'_2 = C_2U'_2 = 0,8.10^{-6}.270 = 2,16.10^{-5}$ C .

Vậy: Hiệu điện thế bộ tụ và điện tích mỗi tụ sau khi ngắt ra khỏi nguồn là $U' = 270$ V; $Q'_1 = 5,4.10^{-5}$C và $Q'_2 = 2,16.10^{-5}$C.

4.9. Hai tụ không khí phẳng có $C_1 = 2C_2$, mắc nối tiếp vào nguồn U không đổi. Cường độ điện trường trong C_1 thay đổi bao nhiêu lần nếu nhúng C_2 vào chất điện môi có $\varepsilon = 2$?

Bài giải

– Điện dung ban đầu của bộ tụ: $C = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{2C_2C_2}{2C_2 + C_2} = \dfrac{2C_2}{3}$

– Điện tích ban đầu của bộ tụ: $Q = CU = \dfrac{2}{3}C_2U$

– Hiệu điện thế của tụ C_1: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{\frac{2}{3}C_2U}{2C_2} = \dfrac{U}{3}$

– Nếu nhúng C_2 vào chất điện môi có $\varepsilon = 2 \Rightarrow C'_2 = 2C_2$:

+ Điện dung sau khi nhúng của bộ tụ: $C' = \dfrac{C_1.C'_2}{C_1 + C'_2} = \dfrac{2C_2.2C_2}{2C_2 + 2C_2} = C_2$

+ Điện tích sau khi nhúng của bộ tụ: $Q' = C'U = C_2U$

+ Hiệu điện thế của tụ C_1 sau khi nhúng: $U'_1 = \dfrac{Q'_1}{q} = \dfrac{C_2U}{2C_2} = \dfrac{U}{2}$

+ Do đó: $\dfrac{U'_1}{U_1} = \dfrac{3}{2} = 1,5$

Mà $E = \dfrac{U}{d} \Rightarrow \dfrac{U'_1}{U_1} = \dfrac{E'_1}{E_1} = 1,5$.

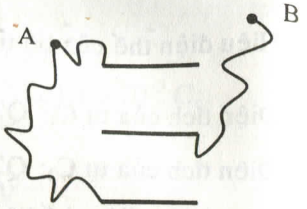
Vậy: Cường độ điện trường trong C_1 tăng 1,5 lần.

4.10. Ba tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song và nối như hình. Diện tích mỗi bản $S = 100cm^2$, khoảng cách giữa hai bản liên tiếp d = 0,5cm. Nối A, B với nguồn U = 100V.

a) Tìm điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại.

b) Ngắt A, B khỏi nguồn. Dịch chuyển bản b theo phương vuông góc với bản một đoạn x.

Tính hiệu điện thế giữa A, B theo x. Áp dụng khi x = d/2.

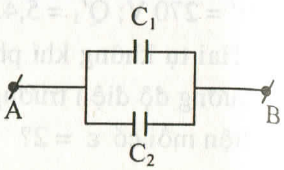


Bài giải

– Hệ được xem gồm hai tụ C_1 và C_2 ghép song song nhau.

– Điện dung của mỗi tụ: $C_1 = C_2 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ d}$

$$\Leftrightarrow C_1 = C_2 = \frac{100.10^{-4}}{9.10^9.4\pi.0,5.10^{-2}} \approx 1,77.10^{-11}\ F$$



a) Điện dung của bộ tụ và điện tích trên mỗi tấm kim loại

– Điện dung của bộ tụ: $C = C_1 + C_2 = 1,77.10^{-11}.2 = 3,54.10^{-11}$ F.

– Hiệu điện thế mỗi tụ là: $U_1 = U_2 = U = 100$ V.

– Điện tích của mỗi tụ: $Q_1 = Q_2 = C_1U_1 = 1,77.10^{-11}.100 = 1,77.10^{-9}$ C.

– Điện tích trên tấm kim loại A: $Q_A = Q_1 + Q_2 = 1,77.10^{-9}.2 = 3,54.10^{-9}$ C.

– Điện tích trên tấm kim loại B: $Q_B = Q_1 = Q_2 = 1,77.10^{-9}$ C.

Vậy: Điện dung của bộ tụ là $C = 3,54.10^{-11}$ F; điện tích trên các tấm kim loại là $Q_A = 3,54.10^{-9}$ C; $Q_B = 1,77.10^{-9}$ C.

b) Khi ngắt A, B ra khỏi nguồn điện: Ngắt A, B ra khỏi nguồn thì điện tích không đổi: $Q' = Q = CU = \dfrac{2\varepsilon\ SU}{9.10^9.4\pi.d}$

– Điện dung của mỗi tụ: $C_1' = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ (d+x)}$; $C_2' = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ (d-x)}$

– Điện dung của bộ tụ: $C' = C_1' + C_2'$

$$\Rightarrow C' = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ (d+x)} + \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ (d-x)} = \frac{\varepsilon S.2d}{9.10^9.4\pi\ (d^2 - x^2)}$$

– Hiệu điện thế của bộ tụ:

$$U' = \frac{Q'}{C'} = \frac{2\varepsilon\ SU}{9.10^9.4\pi\ d.\varepsilon\ S.\ 2d}.9.10^9.4\pi\ (d^2 - x^2) \Rightarrow U' = \frac{U.(d^2 - x^2)}{d^2}$$

– Khi $x = \dfrac{d}{2} \Rightarrow U' = \dfrac{U.(d^2 - \frac{d^2}{4})}{d^2} = \dfrac{3}{4}U = \dfrac{3}{4}100 = 75$ V.

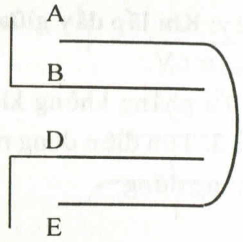
Vậy: Hiệu điện thế giữa A và B theo x là $U' = \dfrac{U.(d^2 - x^2)}{d^2}$.

4.11. Bốn tấm kim loại phẳng giống nhau đặt song song như hình vẽ. Khoảng cách BD = 2AB = 2DE. Nối A, E với nhau rồi nối B, D với nguồn U = 12V, kế đó ngắt nguồn đi.

Tìm hiệu điện thế giữa B, D nếu sau đó:

a) Nối A với B

b) Không nối A, B nhưng lấp đầy khoảng giữa B, D bằng điện môi có ε = 3.

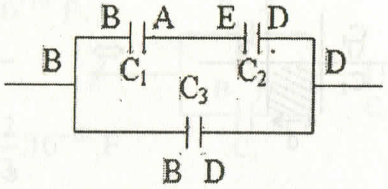


Bài giải

– Hệ thống 4 bản kim loại trên tương đương mạch tụ như hình vẽ:

– Điện dung của tụ C_1, C_2:

$$C_1 = C_2 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ d} = C_0$$



– Điện dung của tụ C_3:

$$C_3 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\ .2d} = \frac{C_0}{2}$$

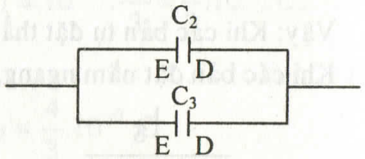
– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_{12} + C_3 = \dfrac{C_0}{2} + \dfrac{C_0}{2} = C_0$

– Điện tích của cả bộ tụ: $Q = CU = C_0U$

a) Khi nối A với B: Khi nối A, B bằng dây dẫn thì có sự phân bố lại điện tích như hình vẽ:

Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q' = Q$

$$\Leftrightarrow (C_0 + \frac{C_0}{2})U_1 = C_0U \Leftrightarrow 1,5C_0U_1 = C_0U$$



$$\Rightarrow U_1 = \frac{U}{1,5} = \frac{12}{1,5} = 8\ V = U_{BD}$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa B và D khi nối A với B là $U_{BD} = 8$ V.

b) Khi lấp đầy giữa B và D bằng điện môi: Khi lấp đầy khoảng giữa B, D điện môi có ε = 3:

– Điện dung của tụ C_3: $C_3' = \dfrac{3C_0}{2} = 1,5C_0$.

– Điện dung của bộ tụ: $C = C_{12} + C_3' = \dfrac{C_0}{2} + 1,5C_0 = 2C_0$.

– Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q' = Q$.

$$\Leftrightarrow 2C_0U_1 = C_0U \Rightarrow U_1 = \frac{U}{2} = \frac{12}{2} = 6\ V = U_{BD}.$$

Vậy: Khi lấp đầy giữa B và D bằng điện môi thì hiệu điện thế giữa B và D l
$U_{BD} = 6V$.

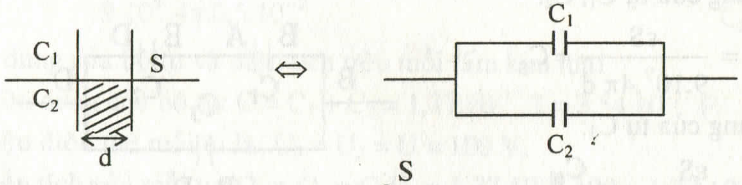
4.12. Tụ phẳng không khí C = 2pF. Nhúng chìm một nửa tụ vào điện môi lỏng $\varepsilon = 3$. Tìm điện dung nếu khi nhúng, các bản đặt:

a) Thẳng đứng. b) Nằm ngang.

Bài giải

Ta có: Điện dung ban đầu của tụ: $C = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\, d} = 2\ pF$

a) Khi các bản đặt thẳng đứng, hệ được xem gồm 2 tụ C_1 và C_2 mắc song song:



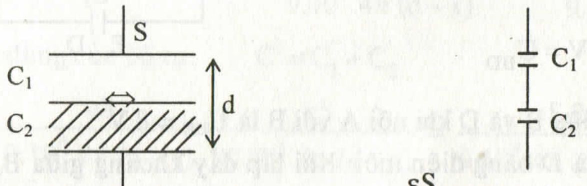
– Điện dung của tụ C_1: $C_1 = \dfrac{\varepsilon\frac{S}{2}}{9.10^9.4\pi\, d} = \dfrac{C}{2}$

– Điện dung của tụ C_2: $C_2 = \dfrac{\varepsilon\frac{S}{2}}{9.10^9.4\pi\, d} = \dfrac{\varepsilon C}{2}$

– Điện dung của bộ tụ: $C_a = \dfrac{C}{2} + \dfrac{\varepsilon C}{2} = (\dfrac{1+\varepsilon}{2})C = (\dfrac{1+3}{2}).2 = 4\ pF$.

Vậy: Khi các bản tụ đặt thẳng đứng thì điện dung của tụ là $C_a = 4\ pF$.

b) Khi các bản đặt nằm ngang, hệ được xem gồm 2 tụ C_1 và C_2 mắc nối tiếp.



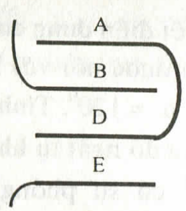
– Điện dung của tụ C_1: $C_1 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\frac{d}{2}} = 2C$

– Điện dung của tụ C_2: $C_2 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\frac{d}{2}} = 2\varepsilon\, C$

– Điện dung của bộ tụ: $C_b = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \dfrac{2C.2\varepsilon C}{2C+2\varepsilon\, C} = \dfrac{2\varepsilon}{1+\varepsilon}.C = \dfrac{2.3}{1+3}.2 = 3\ p$

Vậy: Khi các bản tụ đặt nằm ngang thì điện dung của tụ là $C_b = 3\ pF$.

4.13. Bốn tấm kim loại phẳng hình tròn đường kính D = 12cm đặt song song cách đều, khoảng cách giữa 2 tấm liên tiếp d = 1mm. Nối 2 tấm A với D rồi nối B, E với nguồn U = 20V. Tính điện dung của bộ tụ và điện tích của mỗi tấm.

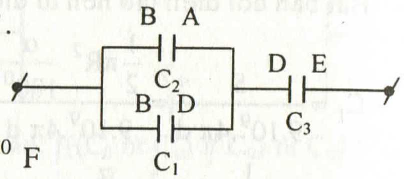


Bài giải

– Hệ thống 4 tấm kim loại trên tương đương mạch tụ như hình vẽ:

– Điện dung của mỗi tụ: $C_1 = C_2 = C_3 = C_0 = \dfrac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi\, d}$

$\Rightarrow C_0 = \dfrac{\pi R^2}{9.10^9.4\pi\, d} = \dfrac{0{,}06^2}{9.10^9.4.10^{-3}} = 10^{-10}\ F$.



– Điện dung của bộ tụ:

$C = \dfrac{C_{12}.C_3}{C_{12}+C_3} = \dfrac{2C_0.C_0}{2C_0+C_0} = \dfrac{2}{3}C_0 = \dfrac{2}{3}.10^{-10}\ F$

– Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = \dfrac{2}{3}.10^{-10}.20 = \dfrac{4}{3}.10^{-9}C \Rightarrow Q_{12} = Q_3 = \dfrac{4}{3}.10^{-9}C$

– Hiệu điện thế hai đầu bộ tụ C_1, C_2: $U_1 = U_2 = U_{12} = \dfrac{Q_{12}}{C_{12}} = \dfrac{\frac{4}{3}.10^{-9}}{2.10^{-10}} = \dfrac{20}{3}\ V$

– Điện tích của các tụ C_1, C_2: $Q_1 = Q_2 = C_1U_1 = 10^{-10}.\dfrac{20}{3} = \dfrac{2}{3}.10^{-9}\ C$.

– Điện tích trên mỗi tấm:

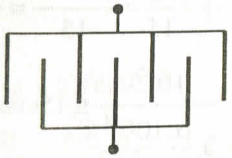
+ Tấm A: $Q_1 = \dfrac{2}{3}.10^{-9}\ C$; tấm B: $Q_1 + Q_2 = \dfrac{4}{3}.10^{-9}\ C$.

+ Tấm D: $Q_2 + Q_3 = \dfrac{4}{3}.10^{-9}\ C$; tấm E: $Q_3 = \dfrac{2}{3}.10^{-9}\ C$.

Vậy: Điện dung của bộ tụ là $C = \dfrac{2}{3}.10^{-10}\ F$; điện tích của mỗi tấm kim loại là:

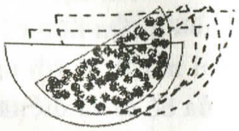
$Q_A = \dfrac{2}{3}.10^{-9}\ C$; $Q_B = \dfrac{4}{3}10^{-9}\ C$; $Q_D = \dfrac{4}{3}10^{-9}\ C$ và $Q_E = \dfrac{2}{3}.10^{-9}\ C$.

4.14. Tụ xoay gồm n tấm hình bán nguyệt đường kính D = 12cm, khoảng cách giữa 2 tấm loiên tiếp d = 0,5mm. Phần đối diện giữa bản cố định và bản di chuyển có dạng hình quạt với góc ở tâm là α ($0^0 \le \alpha \le 180^0$).



a) Biết điện dung cực đại của tụ là 1500pF. Tính n.

b) Tụ được nối với hiệu điện thế U = 500V và ở vị trí $\alpha = 120^0$. Tính điện tích của tụ.



c) Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và thay đổi α. Định α để có sự phóng điện giữa hai bản. Biết điện trường giới hạn của không khí là 3.10^6V/m.

Bài giải

– Diện tích phần đối diện của mỗi bản: $S = \frac{1}{2}\pi R^2.\frac{\alpha}{180^0}$ (α tính bằng độ)

– Hai bản đối diện tạo nên tụ điện có điện dung:

$$C_1 = \frac{S}{9.10^9.4\pi d} = \frac{\frac{1}{2}\pi R^2.\frac{\alpha}{180^0}}{9.10^9.4\pi d}$$, với: R = 0,06 m; d = 5.10^{-4} m.

$$\Rightarrow C_1 = \frac{\frac{1}{2}\pi.0{,}06^2.\frac{\alpha}{180^0}}{9.10^9.4\pi.5.10^{-4}} = \frac{\alpha}{18}.10^{-11}\text{ F}$$

– Tụ gồm n bản tương đương (n – 1) tụ C_1 ghép song song nên điện dung của tụ xoay là: $C = (n-1)C_1 = \frac{(n-1)\,\alpha.10^{-11}}{18}$

a) Tính n

Điện dung cực đại của tụ là 1500 pF khi $\alpha = 180^0$.

$$\Rightarrow 1500.10^{-12} = \frac{(n-1).180^0.10^{-11}}{18} \Rightarrow n-1 = 15 \Rightarrow n = 16.$$

Vậy: Tụ xoay có n = 16 tấm hình bán nguyệt.

b) Điện tích của tụ điện

– Khi $\alpha = 120^0 \Rightarrow C = \frac{15.120^0.10^{-11}}{18} = 10^{-9}$ F.

– Điện tích của tụ: $Q = CU = 10^{-9}.500 = 5.10^{-7}$ C.

c) Giá trị của α để có sự phóng điện giữa hai bản tụ

– Hiệu điện thế giới hạn của hai bản tụ: $U_{gh} = E_{gh}d = 3.10^5.0{,}5.10^{-4} = 1{,}5.10^2 = 15$V

– Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì Q = const. Điện tích của một tụ:

$$q = \frac{Q}{15} = \frac{5.10^{-7}}{15} = \frac{10^{-7}}{3}\text{ C} \Rightarrow U = \frac{q}{C_1} \le U_{gh}$$

$$\frac{10^{-7}}{3.\frac{\alpha.10^{-11}}{18}} \le 15 \Rightarrow \alpha \ge 40^0.$$

Vậy: Để có sự phóng điện giữa hai bản tụ điện thì $\alpha \ge 40^0$.

4.15. Cho một số tụ điện điện dung $C_0 = 3\mu$F. Nêu cách mắc dùng ít tụ nhất để có điện dung 5μF. Vẽ sơ đồ cách mắc này.

Bài giải

– Bộ tụ có điện dung 5 μF > $C_0 \Rightarrow C_0$ mắc song song với C_1:

$\Rightarrow C_1 = 5 - 3 = 2$ μF

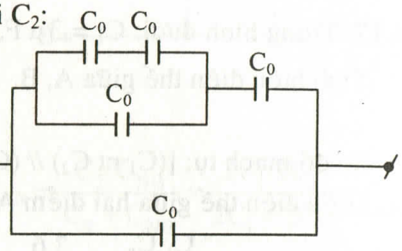
– $C_1 = 2$ μF < $C_0 \Rightarrow C_1$ gồm C_0 mắc nối tiếp với C_2:

$$\frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_0} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

$\Rightarrow C_2 = 6$ μF

– $C_2 = 6$ μF = $C_0 + C_0$

$\Rightarrow C_2$ gồm C_0 mắc song song với C_0.

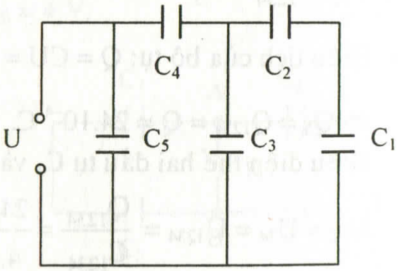


Vậy: Phải dùng ít nhất 5 tụ C_0 và mắc như sau: [((C_0 nt C_0) // C_0) nt C_0] // C_0 (hình vẽ).

4.16. Cho bộ tụ điện như hình vẽ. Tính điện dung bộ tụ, hiệu điện thế và điện tích mỗi tụ, cho $C_1 = C_3 = C_5 = 1\mu$F, $C_2 = 4\mu$F, $C_4 = 12\mu$F, U = 30V.

Bài giải

– Điện dung tương đương của C_1, C_2: $C_{12} = \frac{C_1.C_2}{C_1 + C_2} = \frac{1.4}{1+4} = 0{,}8$ μF



– Điện dung tương đương của C_1, C_2, C_3:

$C_{123} = C_{12} + C_3 = 0{,}8 + 1 = 1{,}8$μF

– Điện dung tương đương của C_1, C_2, C_3, C_4:

$$C_{1234} = \frac{C_{123}.C_4}{C_{123} + C_4} = \frac{1{,}8.1{,}2}{1{,}8 + 1{,}2} = 0{,}72\ \mu\text{F}$$

– Điện dung tương đương của bộ tụ:

$C = C_{1234} + C_5 = 0{,}72 + 1 = 1{,}72$μF

– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_5: $U_5 = U = 30$ V.

– Điện tích tụ C_5: $Q_5 = C_5U_5 = 10^{-6}.30 = 3.10^{-5}$ C.

– Điện tích tụ C_{1234}: $Q_{1234} = C_{1234}U = 0{,}72.10^{-6}.30 = 2{,}16.10^{-5}$ C.

– Điện tích tụ C_4: $Q_4 = Q_{123} = Q_{1234} = 2{,}16.10^{-5}$ C.

– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_4: $U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{2{,}16.10^{-5}}{1{,}2.10^{-6}} = 18$ V.

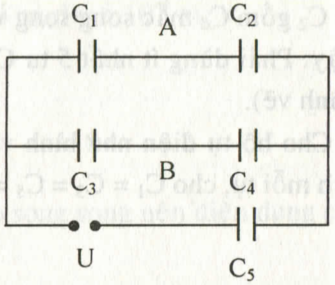
– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3 và C_{12}: $U_3 = U_{12} = U_{123} = \frac{Q_{123}}{C_{123}} = \frac{2{,}16.10^{-5}}{1{,}8.10^{-6}} = 12$ V.

- Điện tích tụ C_3: $Q_3 = C_3U_3 = 10^{-6}.12 = 1,2.10^{-5}$ C.
- Điện tích tụ C_1, C_2: $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12}U_{12} = 0,8.10^{-6}.12 = 9,6.10^{-6}$ C.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{9,6.10^{-6}}{10^{-6}} = 9,6$ V.
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2: $U_2 = \dfrac{Q_2}{C_2} = \dfrac{9,6.10^{-6}}{4.10^{-6}} = 2,4$ V.

4.17. Trong hình dưới: $C_1 = 3\,\mu$F, $C_2 = 6\mu$F, $C_3 = C_4 = 4\mu$F, $C_5 = 8\mu$F, U = 900V. Tính hiệu điện thế giữa A, B.

Bài giải

- Sơ đồ mạch tụ: $[(C_1$ nt $C_2)$ // $(C_3$ nt $C_4)]$ nt C_5.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm AB: $U_{AB} = -U_1 + U_3$.



- Ta có: $C_{12} = \dfrac{C_1.C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{3.6}{3+6} = 2\ \mu$F

$$C_{34} = \frac{C_3.C_4}{C_3 + C_4} = \frac{4.4}{4+4} = 2\ \mu\text{F}$$

$$C_{1234} = C_{12} + C_{34} = 2 + 2 = 4\mu\text{F}$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = \frac{C_{1234}.C_5}{C_{1234} + C_5} = \frac{4.8}{4+8} = \frac{8}{3}\mu\text{F}$$

- Điện tích của bộ tụ: $Q = CU = \dfrac{8}{3}.10^{-6}.900 = 24.10^{-4}$ C.

$\Rightarrow Q_5 = Q_{1234} = Q = 24.10^{-4}$ C.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1 và C_2:

$$U_{12} = U_{34} = U_{1234} = \frac{Q_{1234}}{C_{1234}} = \frac{24.10^{-4}}{4.10^{-6}} = 600\text{ V}$$

- Điện tích của tụ C_1 và C_2:

$Q_{12} = C_{12}U_{12} = 2.10^{-6}.600 = 12.10^{-4}$ C; $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = 12.10^{-4}$ C.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{12.10^{-4}}{3.10^{-6}} = 400$ V.
- Điện tích của tụ C_3 và C_4:

$Q_{34} = C_{34}U_{34} = 2.10^{-6}.600 = 12.10^{-4}$ C; $Q_3 = Q_4 = Q_{34} = 12.10^{-4}$ C.

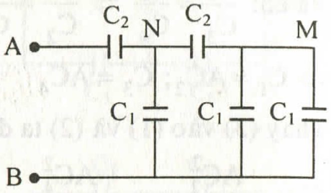
- Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3: $U_3 = \dfrac{Q_3}{C_3} = \dfrac{12.10^{-4}}{4.10^{-6}} = 300$ V.
- Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B: $U_{AB} = -U_1 + U_3 = -400 + 300 = -100$ V.

4.18. Cho bộ tụ điện như hình dưới, $C_2 = 2C_1$, $U_{AB} = 16$V. Tính U_{MB}.

Bài giải

- Sơ đồ mạch tụ: $\{[(C_1$ // $C_1)$ nt $C_2]$ // $C_1\}$ nt C_2.
- Điện dung tương đương của đoạn mạch M, B:

$C_{MB} = C_1 + C_1 = 2C_1$



- Điện dung tương đương của đoạn mạch NMB:

$$C_{NMB} = \frac{C_2.C_{MB}}{C_2 + C_{MB}} = \frac{2C_1.2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$$

- Điện dung tương đương của đoạn mạch NB:

$C_{NB} = C_{NMB} + C_1 = C_1 + C_1 = 2C_1$

- Điện dung tương đương của đoạn mạch AB: $C_{AB} = \dfrac{C_2.C_{NB}}{C_2 + C_{NB}} = \dfrac{2C_1.2C_1}{2C_1 + 2C_1} = C_1$
- Điện tích của bộ tụ: $Q = C_{AB}U = C_1.16 = 16C_1 \Rightarrow Q_2 = Q_{NB} = 16C_1$
- Hiệu điện thế giữa hai điểm N, B: $U_{NB} = \dfrac{Q_{NB}}{C_{NB}} = \dfrac{16C_1}{2C_1} = 8$ V.
- Điện tích của đoạn mạch NMB: $Q_{NMB} = C_{NMB}.U_{NB} = C_1.8 = 8C_1$.

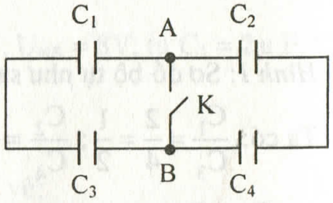
$\Rightarrow Q_2 = Q_{MB} = Q_{NMB} = 8C_1$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B: $U_{MB} = \dfrac{Q_{MB}}{C_{MB}} = \dfrac{8C_1}{2C_1} = 4$ V.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm M, B là $U_{MB} = 4$ V.

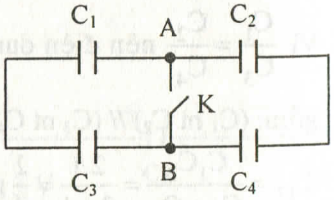
4.19. Cho bộ tụ mắc như hình bên.

Chứng minh rằng nếu có $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4}$ thì khi K mở hay K đóng, điện dung của bộ tụ không đổi.



Bài giải

- Khi K mở, sơ đồ mạch tụ: $(C_1$ nt $C_2)$ // $(C_3$ nt $C_4)$



+ Ta có: $C_{12} = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$; $C_{34} = \dfrac{C_3C_4}{C_3 + C_4}$

+ Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C = C_{12} + C_{34} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3C_4}{C_3 + C_4} \qquad (1)$$

- Khi K đóng, sơ đồ mạch tụ: $(C_1$ // $C_3)$ nt $(C_2$ // $C_4)$

+ Ta có: $C_{13} = C_1 + C_3$; $C_{24} = C_2 + C_4$.

+ Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \dfrac{(C_1+C_3)(C_2+C_4)}{C_1+C_3+C_2+C_4}$ (2)

– Ta có: $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4} \Rightarrow \dfrac{C_1}{C_2} = \dfrac{C_3}{C_4} = A$

$\Rightarrow C_1 = AC_2;\ C_3 = AC_4$ (3)

– Thay (3) vào (1) và (2) ta được:

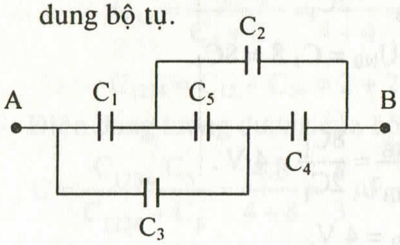
$$C = \frac{AC_2^2}{(A+1)C_2} + \frac{AC_4^2}{(A+1)C_4} = \frac{A}{A+1}(C_2+C_4)\ (4)$$

$$C' = \frac{A(C_2+C_4)^2}{(A+1)(C_2+C_4)} = \frac{A}{A+1}(C_2+C_4)\quad (5)$$

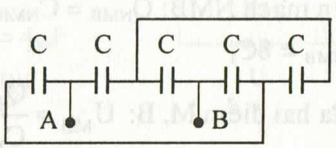
– Từ (4), (5) suy ra C = C'.

Vậy: Khi K mở hay đóng, điện dung của bộ tụ luôn không đổi.

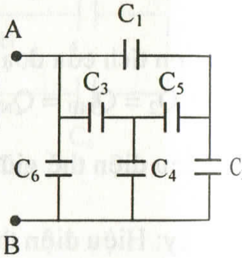
4.20. Trong các hình dưới: $C_1 = C_4 = C_5 = 2\,\mu F$, $C_2 = 1\,\mu F$, $C_3 = 4\,\mu F$. Tính điện dung bộ tụ.



Hình 1



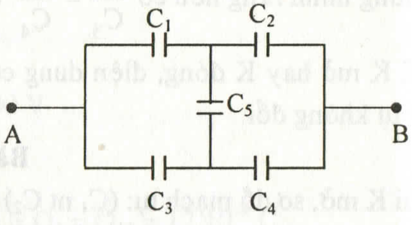
Hình 2



Hình 3

Bài giải

a) *Hình 1*: Sơ đồ bộ tụ như sau:



– Ta có: $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{2}{4} = \dfrac{1}{2};\ \dfrac{C_2}{C_4} = \dfrac{1}{2}$

$\Rightarrow \dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4}$

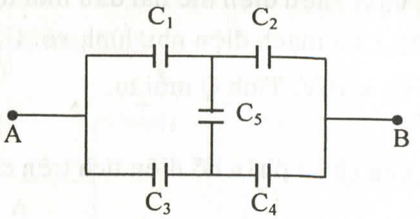
– Vì $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4}$ nên điện dung của bộ tụ không đổi khi bỏ tụ C_5. Lúc đó bộ tụ gồm: (C_1 nt C_2) // (C_3 nt C_4). Ta có:

$C_{12} = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \dfrac{2.1}{2+1} = \dfrac{2}{3}\,\mu F;\ C_{34} = \dfrac{C_3C_4}{C_3+C_4} = \dfrac{4.2}{4+2} = \dfrac{4}{3}\,\mu F.$

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = C_{12} + C_{34} = \dfrac{2}{3} + \dfrac{4}{3} = 2\,\mu F.$

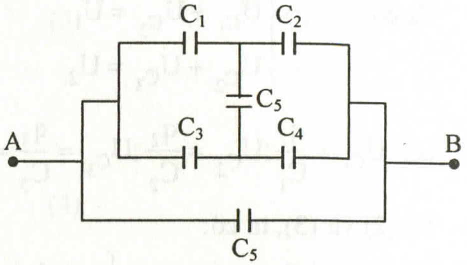
---

b) *Hình 2*: Sơ đồ bộ tụ như sau: Hoàn toàn tương tự với hình 1 nên:



$C = C_{12} + C_{34} = \dfrac{2}{3} + \dfrac{4}{3} = 2\,\mu F.$

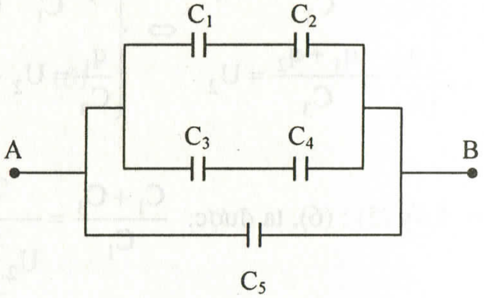
c) *Hình 3*: Sơ đồ bộ tụ như sau:



– Ta có: $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{2}{4} = \dfrac{1}{2};\ \dfrac{C_2}{C_4} = \dfrac{1}{2}$

$\Rightarrow \dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4}$

– Vì $\dfrac{C_1}{C_3} = \dfrac{C_2}{C_4}$ nên điện dung của bộ tụ không đổi khi bỏ một tụ C_5. Mạch điện được vẽ lại: (C_1 nt C_2) // (C_3 nt C_4) // C_5.



– Ta có: $C_{12} = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \dfrac{2.1}{2+1} = \dfrac{2}{3}\,\mu F.$

$C_{34} = \dfrac{C_3C_4}{C_3+C_4} = \dfrac{4.2}{4+2} = \dfrac{4}{3}\,\mu F.$

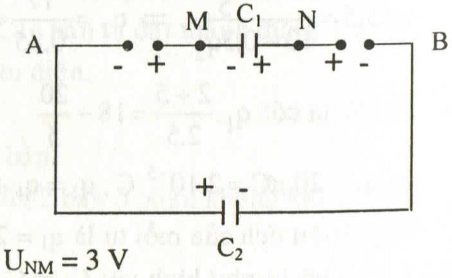
– Điện dung tương đương của bộ tụ:

$C = C_{12} + C_{34} + C_5 = \dfrac{2}{3} + \dfrac{4}{3} + 2 = 4\,\mu F.$

4.21. Cho mạch điện như hình vẽ, nguồn $U_{MA} = 3V$, $U_{NB} = 8V$, tụ $C_1 = 2\,\mu F$, $C_2 = 3\,\mu F$. Tính hiệu điện thế của mỗi tụ.

Bài giải

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ:



$q_1 = q_2 \Rightarrow C_1U_{NM} = C_2U_{AB}$

$\Rightarrow U_{AB} = \dfrac{C_1U_{NM}}{C_2}$

– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1:

$U_{NM} = U_{NB} + U_{BA} + U_{AM}$

$\Rightarrow U_{NM} = 8 - \dfrac{C_1U_{NM}}{C_2} - 3 = 5 - \dfrac{2}{3}U_{NM} \Rightarrow U_{NM} = 3\ V$

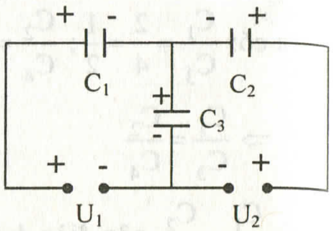
– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2: $U_{AB} = \dfrac{C_1U_{NM}}{C_2} = \dfrac{2}{3}.3 = 2\ V.$

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu mỗi tụ là $U_1 = 3$ V và $U_2 = 2$ V.

4.22. Cho mạch điện như hình vẽ: $C_1 = 12\mu F$, $C_2 = 10\mu F$, $C_3 = 5\mu F$, $U_1 = 18V$, $U_2 = 10V$. Tính Q mỗi tụ.

Bài giải

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ:



Ta có: $$\begin{cases} q_1 + q_2 = q_3 & (1) \\ U_{C_1} + U_{C_3} = U_1 & (2) \\ U_{C_2} + U_{C_3} = U_2 & (3) \end{cases}$$

với $U_{C_1} = \dfrac{q_1}{C_1}; U_{C_2} = \dfrac{q_2}{C_2}; U_{C_3} = \dfrac{q_3}{C_3} = \dfrac{q_1 + q_2}{C_3}$ (4)

– Từ (2) và (3), ta có:

$$\begin{cases} \dfrac{q_1}{C_1} + \dfrac{q_1 + q_2}{C_3} = U_1 \\ \dfrac{q_2}{C_2} + \dfrac{q_1 + q_2}{C_3} = U_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} q_1.(\dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_3}) = U_1 - \dfrac{q_2}{C_3} & (5) \\ \dfrac{q_1}{C_3} = U_2 - q_2.(\dfrac{1}{C_2} + \dfrac{1}{C_3}) & (6) \end{cases}$$

– Lấy (5) : (6), ta được: $\dfrac{C_1 + C_3}{C_1} = \dfrac{U_1 - \dfrac{q_2}{C_3}}{U_2 - q_2.\dfrac{C_2 + C_3}{C_2.C_3}}$

$\Leftrightarrow \dfrac{2+5}{2} = \dfrac{18 - \dfrac{q_2}{5}}{10 - q_2.\dfrac{10+5}{10.5}}$ (q_2: đơn vị tính là μC)

$\Leftrightarrow 3,5 = \dfrac{18 - \dfrac{q_2}{5}}{10 - 0,3q_2} \Rightarrow q_2 = \dfrac{17}{0,85} = 20\ \mu C = 2.10^{-5}$ C.

– Từ (5), ta có: $q_1.\dfrac{2+5}{2.5} = 18 - \dfrac{20}{5}$

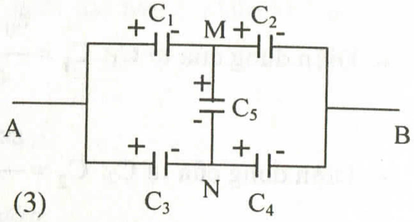
$\Rightarrow q_1 = 20\ \mu C = 2.10^{-5}$ C ; $q_3 = q_1 + q_2 = 40\ \mu C = 4.10^{-5}$ C.

Vậy: Điện tích của mỗi tụ là $q_1 = 2.10^{-5}$ C; $q_2 = 2.10^{-5}$ C; $q_3 = 4.10^{-5}$ C.

4.23. Cho bộ tụ như hình vẽ: $C_1 = C_2 = 6\mu F$, $C_3 = 2\mu F$, $C_4 = C_5 = 4\mu F$, $U_{AB} = 18V$. Tính điện tích mỗi tụ và điện dung bộ tụ.

Bài giải

Giả sử điện tích trên các bản tụ được phân bố như hình vẽ:



Ta có: $-q_1 + q_2 + q_5 = 0$ (1)

$-q_3 + q_4 - q_5 = 0$ (2)

$U_{AM} + U_{MB} = U_{AB} \Leftrightarrow \dfrac{q_1}{C_1} + \dfrac{q_2}{C_2} = U_{AB}$

$\Rightarrow \dfrac{q_1}{6} + \dfrac{q_2}{6} = 18 \Rightarrow q_1 + q_2 = 108\ \mu C$ (3)

$U_{AN} + U_{NB} = U_{AB} \Leftrightarrow \dfrac{q_3}{C_3} + \dfrac{q_4}{C_4} = U_{AB}$

$\Rightarrow \dfrac{q_3}{2} + \dfrac{q_4}{4} = 18 \Rightarrow 2q_3 + q_4 = 72\ \mu C$ (4)

$U_{AM} + U_{MN} = U_{AN} \Leftrightarrow \dfrac{q_1}{C_1} + \dfrac{q_5}{C_5} = \dfrac{q_3}{C_3}$

$\Rightarrow \dfrac{q_1}{6} + \dfrac{q_5}{4} = \dfrac{q_3}{2} \Rightarrow q_1 + 1,5q_5 = 3q_3$ (5)

– Từ (1), (2), (3), (4) và (5) ta được:

$$\begin{cases} -q_1 + q_2 + q_5 = 0 \\ -q_3 + q_4 - q_5 = 0 \\ q_1 + q_2 = 108 \\ 2q_3 + q_4 = 72 \\ q_1 - 3q_3 + 1,5q_5 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 = 57\ \mu C \\ q_2 = 51\ \mu C \\ q_3 = 22\ \mu C \\ q_4 = 28\ C \\ q_5 = 6\ \mu C \end{cases}$$

– Điện dung của bộ tụ: $C = \dfrac{Q}{U} = \dfrac{q_1 + q_3}{U} = \dfrac{57 + 22}{18} = \dfrac{79}{18}\ \mu F$.

4.24. Tụ phẳng không khí, điện tích mỗi bản S, khoảng cách 2 bản d, tích điện đến hiệu điện thế U rồi ngắt khỏi nguồn. Các bản tụ đặt thẳng đứng. Đổ điện môi có hằng số điện môi ε vào ngập nửa tụ điện.

a) Tính điện dung của tụ.

b) Tính mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản.

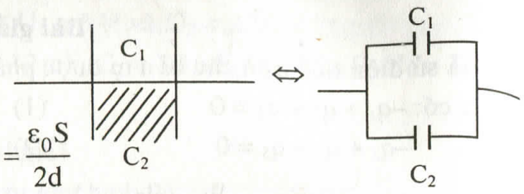
c) Tính cường độ điện trường trong khoảng giữa 2 bản ở phần không khí và phần điện môi.

d) Tính độ biến thiên năng lượng của tụ.

Bài giải

– Hệ được xem gồm hai tụ C_1 // C_2:

a) Điện dung của bộ tụ:



– Ta có:

+ Điện dung của tụ C₁: $C_1 = \dfrac{\varepsilon_0 . \dfrac{S}{2}}{d} = \dfrac{\varepsilon_0 S}{2d}$

+ Điện dung của tụ C₂: $C_2 = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 . \dfrac{S}{2}}{d} = \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d}$

– Điện dung tương đương của bộ tụ: $C' = C_1 + C_2 = \dfrac{\varepsilon_0 S}{2d} + \dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d} = \dfrac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d}$.

Vậy: Điện dung tương đương của bộ tụ là: $C' = \dfrac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d}$.

b) Mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản

– Ban đầu, khi nối tụ với nguồn: $Q = CU = \dfrac{\varepsilon_0 S}{d}.U$.

– Lúc sau, khi ngắt tụ khỏi nguồn: $Q' = C'U' = \dfrac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d}.U'$.

– Vì Q' = Q nên $\dfrac{\varepsilon_0 S}{d}.U = \dfrac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d}.U' \Rightarrow U' = \dfrac{2U}{1+\varepsilon}$.

– Với phần tụ "không khí": $U' = \dfrac{Q_1'}{C_1} = \dfrac{\sigma_1 . \dfrac{S}{2}}{\dfrac{\varepsilon_0 S}{2d}} = \dfrac{\sigma_1 d}{\varepsilon_0}$

$$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{\varepsilon_0}{d}U' = \frac{\varepsilon_0}{d}.\frac{2U}{1+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}.$$

– Với phần tụ "điện môi": $U' = \dfrac{Q_2'}{C_2} = \dfrac{\sigma_2 . \dfrac{S}{2}}{\dfrac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{2d}} = \dfrac{\sigma_2 d}{\varepsilon\varepsilon_0}$

$$\Rightarrow \sigma_2 = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{d}U' = \frac{\varepsilon\varepsilon_0}{d}.\frac{2U}{1+\varepsilon} = \frac{2\varepsilon\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}.$$

Vậy: Mật độ điện tích ở mỗi phần trên mặt bản là

$\sigma_1 = \dfrac{2\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$ và $\sigma_2 = \dfrac{2\varepsilon\varepsilon_0 U}{(1+\varepsilon)d}$.

c) Cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản ở phần không khí và phần điện môi

Ta có: $E' = \dfrac{U'}{d} = \dfrac{2U}{(1+\varepsilon)d}$.

Vậy: Cường độ điện trường trong khoảng giữa hai bản ở phần không khí và phần điện môi là $E' = \dfrac{2U}{(1+\varepsilon)d}$.

d) Độ biến thiên năng lượng của tụ

– Ta có:

+ Năng lượng của tụ sau khi ngắt khỏi nguồn:

$$W' = \frac{1}{2}C'U'^2 = \frac{1}{2}.\frac{(1+\varepsilon)\varepsilon_0 S}{2d}.\left(\frac{2U}{1+\varepsilon}\right)^2 = \frac{1}{2}.\frac{\varepsilon_0 S.2U^2}{d(1+\varepsilon)}$$

+ Năng lượng của tụ khi còn nối với nguồn:

$$W = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}.\frac{\varepsilon_0 S}{d}.U^2$$

– Độ biến thiên năng lượng của tụ là: ΔW = W' – W

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{1}{2}.\frac{\varepsilon_0 S.2U^2}{d(1+\varepsilon)} - \frac{1}{2}.\frac{\varepsilon_0 S}{d}.U^2 = \frac{1}{2}.\frac{\varepsilon_0 SU^2}{d}\left(\frac{2}{1+\varepsilon} - 1\right)$$

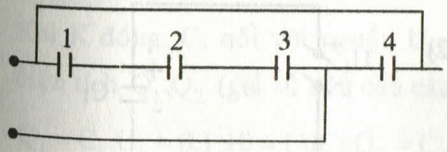
$$\Rightarrow \Delta W = \frac{\varepsilon_0 SU^2(1-\varepsilon)}{2d(1+\varepsilon)}$$

Vậy: Độ biến thiên năng lượng của tụ là: $\Delta W = \dfrac{\varepsilon_0 SU^2(1-\varepsilon)}{2d(1+\varepsilon)}$.

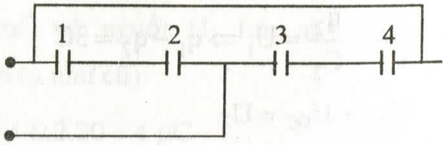
4.25. Bộ 4 tụ giống nhau ghép theo hai cách như hình vẽ.

a) Cách nào có điện dung lớn hơn.

b) Nếu điện dung tụ khác nhau chúng phải có liên hệ thế nào để $C_A = C_B$.



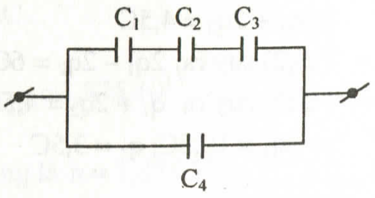
Cách A



Cách B

Bài giải

a) Xác định cách mắc bộ tụ



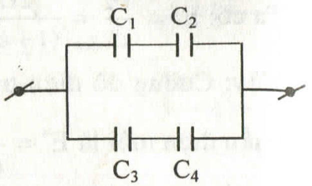
– Cách A:

+ Điện dung tương đương của C₁, C₂, C₃:

$C_{123} = \dfrac{C}{3}$.

+ Điện dung tương đương của bộ tụ:

$$C_A = C_{123} + C_4 = \frac{C}{3} + C = \frac{4}{3}C.$$



– Cách B:

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2: $C_{12} = \frac{C}{2}$.

+ Điện dung tương đương của C_3, C_4: $C_{34} = \frac{C}{2}$.

+ Điện dung tương đương của bộ tụ: $C_B = C_{12} + C_{34} = \frac{C}{2} + \frac{C}{2} = C$.

Vậy: Cách ghép A bộ tụ có điện dung lớn hơn.

b) Hệ thức giữa điện dung các tụ điện để $C_A = C_B$

Ta có: $C_A = C_B \Leftrightarrow C_4 + \frac{C_1C_2C_3}{C_1C_2 + C_2C_3 + C_3C_1} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} + \frac{C_3C_4}{C_3 + C_4}$

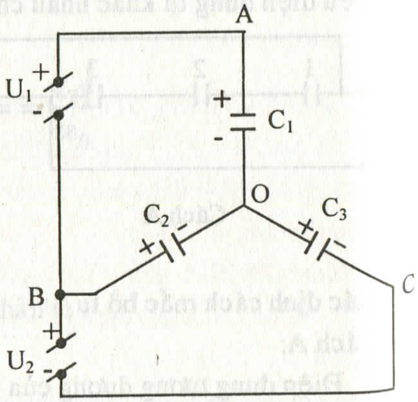
$\Rightarrow C_4 = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$ (C_3 bất kì).

Vậy: Để $C_A = C_B$ thì giữa điện dung của các tụ điện phải thỏa hệ thức $C_4 = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$ (C_3 bất kì).

4.26. Ba tụ điện như nhau được mắc vào mạch như hình vẽ, cho biết: $U_1 = 3V$, $U_2 = 4{,}5V$. Hãy tìm các hiệu điện thế: U_{AO}, U_{BO} và U_{CO}.

Bài giải

Giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ.



– Ta có: $-q_1 - q_2 + q_3 = 0$ (1)

$U_{AO} + U_{OB} = U_1$

$\frac{q_1}{C_1} - \frac{q_2}{C_2} = U_1 \Rightarrow q_1 - q_2 = 3C$ (2)

$U_{BO} + U_{OC} = U_2$

$\frac{q_2}{C_2} + \frac{q_3}{C_3} = U_2 => q_2 + q_3 = 4{,}5C$

$\Rightarrow q_2 + q_1 + q_2 = 4{,}5C$

$\Rightarrow q_1 + 2q_2 = 4{,}5C$ (3)

– Từ (2) suy ra: $2q_1 - 2q_2 = 6C$

– Từ (3) suy ra: $q_1 + 2q_2 = 4{,}5C$

$\Rightarrow 3q_1 = 10{,}5C$; $q_1 = 3{,}5C$

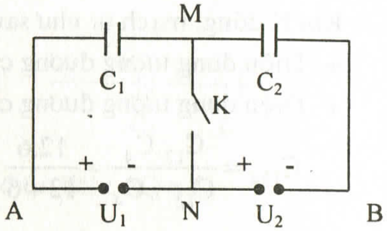
– Hiệu điện thế hai điểm A, O: $U_{AO} = \frac{q_1}{C} = 3{,}5$ V.

– Hiệu điện thế hai điểm B, O: $U_{BO} = -U_{OB} = -(U_1 - U_{AO}) = -(3 - 3{,}5) = 0{,}5$ V.

– Hiệu điện thế hai điểm C, O: $U_{CO} = -U_{OC} = -(U_2 - U_{BO}) = -(4{,}5 - 0{,}5) = -4$ V.

Vậy: Hiệu điện thế giữa các điểm A, O; B, O và C, O lần lượt là $U_{AO} = 3{,}5$ V; $U_{BO} = 0{,}5$ V; $U_{CO} = -4$ V.

4.27. Cho mạch điện như hình vẽ. $U_1 = 10V$, $U_2 = 20V$, $C_1 = 0{,}1\,\mu F$, $C_2 = 0{,}2\,\mu F$. Tính số điện tử chạy qua khóa K khi K đóng.

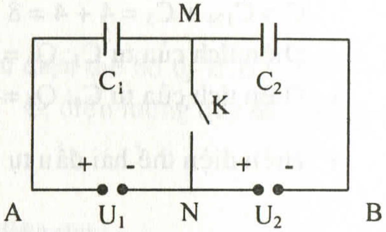


Bài giải

– Khi K mở: C_1 mắc nối tiếp với C_2:

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2:

$$C_{12} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0{,}1.0{,}2}{0{,}1 + 0{,}2} = \frac{2}{30}\mu F$$



+ Điện tích trên mỗi tụ:

$Q_1 = Q_2 = Q = C_{12}.(U_1 + U_2)$

$= \frac{2}{30}.30 = 2\mu C$

+ Hiệu điện thế trên tụ C_1, C_2:

$U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{2}{0{,}1} = 20$ V;

$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{2}{0{,}2} = 10$ V.

– Khi K đóng, C_1 nối với nguồn U_1, C_2 nối với nguồn U_2. Lúc này các tụ có điện tích $Q_1^{'}, Q_2^{'}$ (giả sử dấu của các bản tụ như cũ):

$Q_1^{'} = C_1.U_1 = 0{,}1.10 = 1\ \mu C$; $Q_2^{'} = C_2.U_2 = 0{,}2.20 = 4\ \mu C$

– Trước khi đóng K, điện tích tại M: $Q_M = Q_2 - Q_1 = 0$.

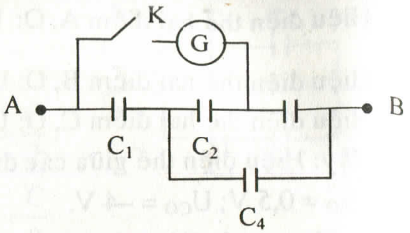
– Sau khi đóng K, điện tích tại M: $Q_M^{'} = Q_2^{'} - Q_1^{'} = 3\ \mu C$.

– Điện lượng qua khóa K: $\Delta Q = Q_M^{'} - Q_M = 3\ \mu C$.

– Số điện tử chạy qua khóa K: $n = \frac{\Delta Q}{|e|} = \frac{3.10^{-6}}{1{,}6.10^{-19}} = 1{,}875.10^{13}$

Vậy: Số Số điện tử chạy qua khóa K khi K đóng là $n = 1{,}875.10^{13}$.

4.28. Trên hình vẽ: $U_{AB} = 2V$ (không đổi). $C_1 = C_2 = C_4 = 6\mu F$, $C_3 = 4\mu F$. Tính điện tích các tụ và điện lượng di chuyển qua điện kế G khi đóng K.

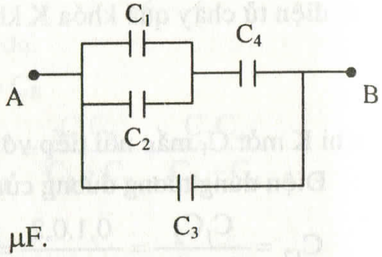


Bài giải

– Khi K đóng, mạch tụ như sau: $[(C_1 // C_2) \text{ nt } C_4] // C_3$:

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2: $C_{12} = C_1 + C_2 = 6 + 6 = 12\ \mu F$

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2, C_4:



$$C_{124} = \frac{C_{12}.C_4}{C_{12} + C_4} = \frac{12.6}{12+6} = 4\ \mu F$$

+ Điện dung tương đương của bộ tụ:

$C = C_{124} + C_3 = 4 + 4 = 8\ \mu F$

+ Điện tích của tụ C_3: $Q_3 = C_3U_{AB} = 4.2 = 8\ \mu F$.

+ Điện tích của tụ C_4: $Q_4 = Q_{12} = Q_{124} = C_{124}.U_{AB} = 4.2 = 8\ \mu F$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1, C_2: $U_1 = U_2 = U_{12} = \dfrac{Q_{12}}{C_{12}} = \dfrac{8}{12} = \dfrac{2}{3}\ V$.

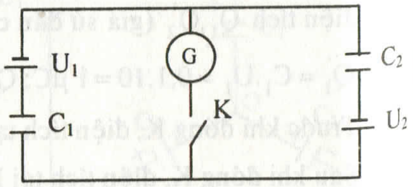
+ Điện tích của tụ C_1: $Q_1 = C_1U_1 = 6.\dfrac{2}{3} = 4\ \mu C$.

+ Điện tích của tụ C_2: $Q_2 = C_2U_2 = 6.\dfrac{2}{3} = 4\ \mu C$.

+ Điện lượng di chuyển qua điện kế G: $\Delta Q = Q_2 + Q_3 - 0 = 4 + 8 = 12\ \mu C$.

Vậy: Điện lượng di chuyển qua điện kế G khi K đóng là $\Delta Q = 12\ \mu C$.

4.29. Hình vẽ: $U_1 = 10V$, $U_2 = 20V$, $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 2\mu F$. Tính điện lượng qua G khi đóng K.



Bài giải

– Khi K mở, điện tích các bản trên của các tụ là: $Q_1 = Q_2 = 0$.

– Khi K đóng, điện tích các bản trên của các tụ là: $Q'_1 = C_1U_1$; $Q'_2 = C_2U_2$

– Điện lượng qua G khi K đóng là: $\Delta q = (Q'_1 + Q'_2) - (Q_1 + Q_2)$

$\Rightarrow \Delta Q = (C_1U_1 + C_2U_2) = 10^{-6}.10 + 2.10^{-6}.20 = 5.10^{-5}\ C$.

Vậy: Khi K đóng, điện lượng qua điện kế G là $\Delta Q = 5.10^{-5}\ C$.

4.30. Hai tụ điện $C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 2\mu F$ được tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 300V$, $U_2 = 200V$. Sau đó ngắt tụ khỏi nguồn và nối từng bản mỗi tụ với nhau. Tính hiệu điện thế bộ tụ, điện tích mỗi tụ và điện lượng qua dây nối nếu:

a) Nối bản âm C_1 với bản dương C_2. b) Nối bản âm của 2 tụ với nhau.

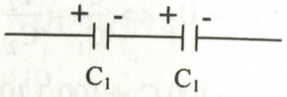
c) Nối các bản cùng dấu với nhau. d) Nối các bản trái dấu với nhau.

Bài giải

Ta có: Điện tích ban đầu của mỗi tụ:

$Q_1 = C_1U_1 = 3.300 = 900\ \mu C = 9.10^{-4}\ C$.

$Q_2 = C_2U_2 = 2.200 = 400\ \mu C = 4.10^{-4}\ C$.



a) Khi nối bản âm C_1 với bản dương C_2

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích: $\Delta Q = 0$.

$\Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9.10^{-4}\ C$; $Q'_2 = Q_2 = 4.10^{-4}\ C$.

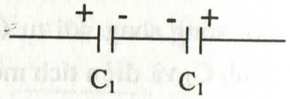
và $U = U_1 + U_2 = 300 + 200 = 500\ V$.

Vậy: Khi nối bản âm C_1 với bản dương C_2, hiệu điện thế bộ tụ là $U = 500\ V$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 9.10^{-4}\ C$ và $Q'_2 = 4.10^{-4}\ C$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 0$.

b) Khi nối bản âm của hai tụ với nhau

Vì mạch không kín nên không có sự di chuyển điện tích:

$\Delta Q = 0 \Rightarrow Q'_1 = Q_1 = 9.10^{-4}\ C$; $Q'_2 = Q_2 = 4.10^{-4}\ C$.



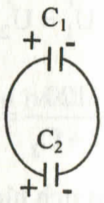
và $U = U_1 - U_2 = 300 - 200 = 100\ V$.

Vậy: Khi nối bản âm hai tụ với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là $U = 100\ V$; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 9.10^{-4}\ C$ và $Q'_2 = 4.10^{-4}\ C$; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 0$.

c) Khi nối các bản cùng dấu với nhau

– Theo định luật bảo toàn điện tích:

$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 + Q_2 = 9.10^{-4} + 4.10^{-4} = 13.10^{-4}\ C$



– Mà $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \dfrac{Q'_1}{C_1} = \dfrac{Q'_2}{C_2} = \dfrac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{13.10^{-4}}{5.10^{-6}} = 260$

$\Rightarrow Q'_1 = 260.C_1 = 260.3.10^{-6} = 7{,}8.10^{-4}\ C$

và $Q'_2 = 260.C_2 = 260.2.10^{-6} = 5{,}2.10^{-4}\ C$

– Hiệu điện thế bộ tụ: $U = U'_1 = U'_2 = 260\ V$.

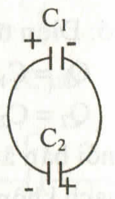
– Điện lượng chạy qua dây nối: $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9.10^{-4} - 7{,}8.10^{-4} = 1{,}2.10^{-4}\ C$.

Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là U = 260 V; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 7{,}8.10^{-4}$ C và $Q'_2 = 5{,}2.10^{-4}$ C; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 1{,}2.10^{-4}$ C.

d) Khi nối các bản trái dấu với nhau

– Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 - Q_2 = 9.10^{-4} - 4.10^{-4} = 5.10^{-4}\ \text{C}$$



– Mà $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \dfrac{Q'_1}{C_1} = \dfrac{Q'_2}{C_2} = \dfrac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{5.10^{-4}}{5.10^{-6}} = 100$

$\Rightarrow Q'_1 = 100.C_1 = 100.3.10^{-6} = 3.10^{-4}\ \text{C}$

và $Q'_2 = 100.C_2 = 100.2.10^{-6} = 2.10^{-4}\ \text{C}$.

– Hiệu điện thế bộ tụ: $U = U'_1 = U'_2 = 100\ \text{V}$.

– Điện lượng chạy qua dây nối: $\Delta Q = Q_1 - Q'_1 = 9.10^{-4} - 3.10^{-4} = 6.10^{-4}\ \text{C}$.

Vậy: Khi nối các bản cùng dấu với nhau, hiệu điện thế bộ tụ là U = 100 V; điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 3.10^{-4}$ C và $Q'_2 = 2.10^{-4}$ C; điện lượng qua dây nối là $\Delta Q = 6.10^{-4}$ C.

4.31. Tụ $C_1 = 2\,\mu$F tích điện đến hiệu điện thế 60V, sau đó ngắt khỏi nguồn và nối song song với tụ C_2 chưa tích điện. Hiệu điện thế bộ tụ sau đó là 40V. Tính C_2 và điện tích mỗi tụ.

Bài giải

– Điện tích ban đầu của tụ C_1: $Q_1 = C_1U = 2.60 = 120\ \mu$C.

– Khi nối C_1 song song với C_2, theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_2 = Q_1$

– Mà $U'_1 = U'_2 = 40\ \text{V} \Leftrightarrow \dfrac{Q'_1}{C_1} = \dfrac{Q'_2}{C_2} = \dfrac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{Q_1}{C_1 + C_2} = 40$

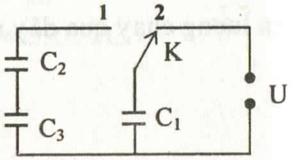
$\Rightarrow \dfrac{120}{2 + C_2} = 40 \Rightarrow C_2 = \dfrac{120}{40} - 2 = 1\ \mu\text{F}$.

– Điện tích lúc sau của tụ C_1: $Q'_1 = 40C_1 = 40.2 = 80\ \mu\text{C} = 8.10^{-5}\ \text{C}$.

– Điện tích lúc sau của tụ C_2: $Q'_2 = 40C_2 = 40.1 = 40\ \mu\text{C} = 4.10^{-5}\ \text{C}$.

Vậy: Điện tích của mỗi tụ khi mắc song song nhau là $Q'_1 = 8.10^{-5}$ C và $Q'_2 = 4.10^{-5}$ C; điện dung $C_2 = 1\ \mu$F.

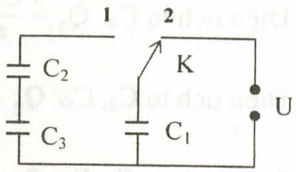
4.32. Cho 3 tụ $C_1 = 1\,\mu$F, $C_2 = 2\,\mu$F, $C_3 = 3\,\mu$F, U = 110V (hình bên).



a) Ban đầu K ở vị trí (1), tìm Q_1

b) Đảo K sang vị trí (2). Tìm Q, U của mỗi tụ.

Bài giải



a) Khi K ở vị trí (1): Điện tích của tụ C_1:

$Q_1 = C_1U = 1.110 = 110\ \mu\text{C} = 1{,}1.10^{-4}\ \text{C}$.

Vậy: Khi K ở vị trí (1) thì $Q_1 = 1{,}1.10^{-4}$ C.

b) Khi K ở vị trí (2), có sự phân bố lại điện tích.

– Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q'_1 + Q'_{23} = Q_1 \quad (Q'_2 = Q'_3 = Q'_{23})$.

– Mà $U'_1 = U'_{23} \Leftrightarrow \dfrac{Q'_1}{C_1} = \dfrac{Q'_{23}}{C_{23}} = \dfrac{Q'_1 + Q'_{23}}{C_1 + C_{23}} = \dfrac{Q_1}{C_1 + C_{23}} = \dfrac{110}{1 + \dfrac{2.3}{2+3}} = 50$.

– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_1: $U'_1 = 50$ V.

– Điện tích của tụ C_1: $Q'_1 = 50C_1 = 50.1 = 50\ \mu\text{C} = 5.10^{-5}\ \text{C}$.

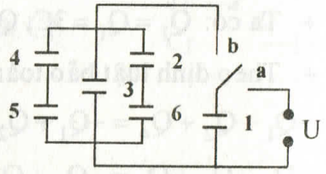
– Điện tích của tụ C_2, C_3: $Q'_2 = Q'_3 = Q'_{23} = 50C_{23} = 50.1{,}2 = 60\ \mu\text{C} = 6.10^{-5}\ \text{C}$.

– Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2, C_3:

$U'_2 = \dfrac{Q'_2}{C_2} = \dfrac{60}{2} = 30\ \text{V}; U'_3 = \dfrac{Q'_3}{C_3} = \dfrac{60}{3} = 20\ \text{V}$.

Vậy: Khi K ở vị trí (2) thì $Q'_1 = 5.10^{-5}$ C, $U'_1 = 50$ V; $Q'_2 = Q'_3 = 6.10^{-5}$ C, $U'_2 = 30$ V và $U'_3 = 20$ V.

4.33. Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung C giống nhau, nguồn có hiệu điện thế U. Tìm điện tích mỗi tụ khi khóa K chuyển từ a sang b.



Bài giải

– Khi khóa K ở vị trí a: Điện tích trên tụ C_1: $Q = C_1U = CU$.

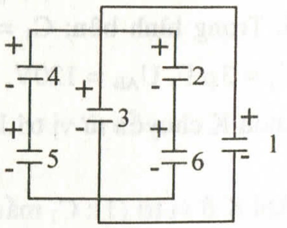
– Khi khóa K ở vị trí b, sẽ có sự phân bố lại điện tích, giả sử sự phân bố điện tích trên các tụ như hình vẽ.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q$

+ Mặt khác: $U_1 = U_{26} = U_3 = U_{45}$

$\Leftrightarrow \dfrac{Q_1}{C} = \dfrac{Q_{26}}{\dfrac{C}{2}} = \dfrac{Q_3}{C} = \dfrac{Q_{45}}{\dfrac{C}{2}} = \dfrac{Q_1 + Q_{26} + Q_3 + Q_{45}}{C + \dfrac{C}{2} + C + \dfrac{C}{2}}$

$= \dfrac{Q}{3C} = \dfrac{U}{3}$



+ Điện tích tụ C₁: $Q_1 = \dfrac{CU}{3}$.

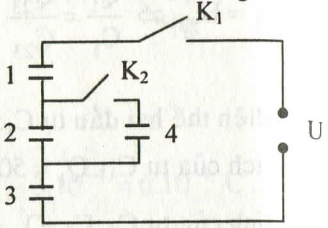
+ Điện tích tụ C₃: $Q_3 = \dfrac{CU}{3}$.

+ Điện tích tụ C₂, C₆: $Q_2 = Q_6 = Q_{26} = \dfrac{CU}{6}$.

+ Điện tích tụ C₄, C₅: $Q_4 = Q_5 = Q_{45} = \dfrac{CU}{6}$.

Vậy: Điện tích của mỗi tụ là: $Q_1 = Q_3 = \dfrac{CU}{3}$; $Q_2 = Q_4 = Q_5 = Q_6 = \dfrac{CU}{6}$.

4.34. Cho mạch điện như hình vẽ. Các tụ có điện dung giống nhau, nguồn U = 9V. Ban đầu K₂ mở, K₁ đóng. Sau đó mở K₁ và đóng K₂. Tìm hiệu điện thế mỗi tụ.



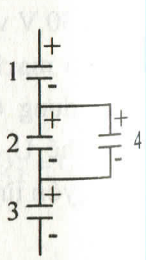
Bài giải

– Khi K₂ mở, K₁ đóng, mạch tụ như sau: [C₁ nt C₂ nt C₃]:

+ Điện dung của bộ tụ: $C_b = \dfrac{C}{3}$.

+ Điện tích của tụ C₁, C₂, C₃: $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_{123} = C_{123}.U = \dfrac{C}{3}.U = 3C$.

– Khi K₁ mở, K₂ đóng, mạch tụ như sau: [C₁ nt (C₂ // C₄) nt C₃]:



+ Ta có: $Q_1' = Q_1 = 3C$; $Q_3' = Q_3 = 3C$.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$-Q_1' + Q_2' + Q_4' = -Q_1 + Q_2 = 0$$

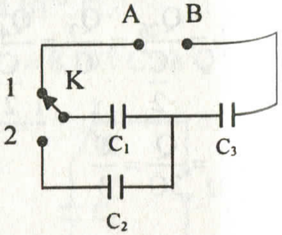
$$-Q_2' - Q_4' + Q_3' = -Q_2 + Q_3 = 0$$

+ Mặt khác: $U_2' = U_4'$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_2'}{C_2} = \frac{Q_4'}{C_4} = \frac{Q_2' + Q_4'}{C + C} = \frac{Q_1'}{2C} = \frac{3C}{2C} = 1{,}5\ V \Rightarrow U_1' = U_3' = \frac{Q_1'}{C_1} = \frac{3C}{C} = 3\ V$$

Vậy: Hiệu điện thế mỗi tụ là: $U_1' = U_3' = 3\ V$; $U_2' = U_4' = 1{,}5\ V$.

4.35. Trong hình bên: C₁ = 1 μF, C₂ = 5 μF, C₃ = 3 μF, U_AB = 120V. Tính U mỗi tụ khi khóa K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2.



Bài giải

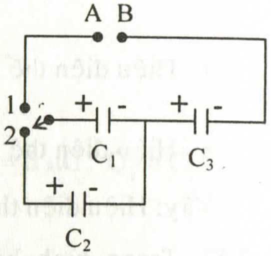
– Khi K ở vị trí (1): C₁ mắc nối tiếp với C₃:

+ Điện dung tương đương của C₁ và C₃: $C_{13} = \dfrac{C_1C_3}{C_1 + C_3} = \dfrac{1.3}{1+3} = 0{,}75\ \mu F$

+ Điện tích hai đầu tụ C₁, C₃: $Q_1 = Q_3 = Q_{13} = C_{13}.U = 0{,}75.120 = 90\ \mu C$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₁: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{90}{1} = 90\ V$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₃: $U_3 = \dfrac{Q_3}{C_3} = \dfrac{90}{3} = 30\ V$.



– Khi K ở vị trí (2), có sự phân bố lại điện tích:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

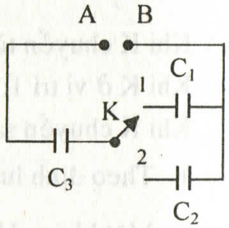
$$Q_3' = Q_3 \Rightarrow U_3' = U_3 = 30\ V$$

$$-Q_1' + Q_3' - Q_2' = -Q_1 + Q_3 = 0$$

– Mặt khác: $U_1' = U_2' \Leftrightarrow \dfrac{Q_1'}{C_1} = \dfrac{Q_2'}{C_2} = \dfrac{Q_1' + Q_2'}{C_1 + C_2} = \dfrac{Q_3'}{6.10^{-6}} = \dfrac{90}{6} = 15\ V$.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ khi khóa K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2 là: $U_1' = U_2' = 15\ V$; $U_3' = 30\ V$.

4.36. Trong hình bên: C₁ = 1 μ F, C₂ = 2 μ F, C₃ = 3 μ F, U_AB = 120V. Tính U mỗi tụ khi K chuyển từ 1 sang 2.



Bài giải

– Khi K ở vị trí 1, mạch tụ gồm: C₁ mắc nối tiếp với C₃:

+ Điện dung tương đương của C₁ và C₃:

$$C_{13} = \frac{C_1.C_3}{C_1 + C_3} = \frac{1.3}{1+3} = 0{,}75\ \mu F$$

+ Điện tích trên mỗi tụ C₁, C₃:

$Q_1 = Q_3 = Q_{13} = C_{13}.U = 0{,}75.120 = 90\ \mu C$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₁: $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{90}{1} = 90\ V$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₃: $U_3 = \dfrac{Q_3}{C_3} = \dfrac{90}{3} = 30\ V$.

– Khi K ở vị trí 2: $U_1' = U_1 = 90\ V$.

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$-Q_3' + Q_2' = -Q_3 \Rightarrow Q_3' = Q_2' + Q_3$$

+ Mặt khác: $U_3' + U_2' = U$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_3'}{C_3}+\frac{Q_2'}{C_2}=U \Leftrightarrow \frac{Q_2'+Q_3}{C_3}+\frac{Q_2'}{C_2}=U$$

$$\Leftrightarrow Q_2'(\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3})=U-\frac{Q_3}{C_3} \Rightarrow Q_2'=\frac{U-\frac{Q_3}{C_3}}{\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}}=\frac{120-\frac{90}{3}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{3}}=108\ \mu C$$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₂: $U_2'=\frac{Q_2'}{C_2}=\frac{108}{2}=54\ V$.

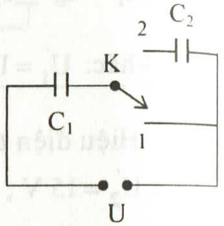
+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₃: $U_3'=U-U_2'=120-54=66\ V$.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ là: $U_1'=90\ V; U_2'=54\ V; U_3=66\ V$.

4.37. Trong hình bên: $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 2\mu F$, nguồn U = 9V. Tính hiệu điện thế mỗi tụ nếu:

a) Ban đầu K ở vị trí 1 sau đó chuyển sang 2.

b) Ban đầu K ở vị trí 2 sau đó chuyển sang 1 rồi lại chuyển về vị trí 2.



Bài giải

a) Khi K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2:

– Khi K ở vị trí 1: Điện tích tụ C₁: $Q_1 = C_1U = 1.9 = 9\ \mu C$.

– Khi K chuyển sang vị trí 2:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích: $-Q_1'+Q_2'=-Q_1 \Rightarrow Q_2'=Q_1'-Q_1$

+ Mặt khác: $U_1'+U_2'=U$.

$$\Leftrightarrow \frac{Q_1'}{C_1}+\frac{Q_2'}{C_2}=U \Leftrightarrow \frac{Q_1'}{C_1}+\frac{Q_1'-Q_1}{C_2}=U \Leftrightarrow Q_1'(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2})=U+\frac{Q_1}{C_2}$$

$$\Rightarrow Q_1'=\frac{U+\frac{Q_1}{C_2}}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}=\frac{9+\frac{9}{2}}{1+\frac{1}{2}}=9\ \mu C.$$

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₁: $U_1'=\frac{Q_1'}{C_1}=\frac{9}{1}=9\ V$.

+ Hiệu điện thế hai đầu tụ C₂: $U_2'=U-U_1'=9-9=0$.

Vậy: Khi K chuyển từ vị trí 1 sang vị trí 2 thì hiệu điện thế mỗi tụ là $U'_1 = 9$ V; $U'_2 = 0$.

---

b) Khi K chuyển từ vị trí 2 sang vị trí 2:

– Khi K ở vị trí 2, mạch tụ gồm: C₁ mắc nối tiếp với C₂.

+ Điện dung tương đương của C₁, C₂: $C_{12}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{1.2}{1+2}=\frac{2}{3}\ \mu F$.

+ Điện tích của tụ C₁, C₂: $Q_1 = Q_2 = Q_{12} = C_{12}U = \frac{2}{3}.9 = 6\ \mu C$.

+ Hiệu điện thế của tụ C₁, C₂:

$$U_1=\frac{Q_1}{C_1}=\frac{6}{1}=6\ V;\ U_2=\frac{Q_2}{C_2}=\frac{6}{2}=3\ V.$$

– Khi K chuyển sang vị trí 1: $U_2'=U_2=3\ V; Q_2'=Q_2=6\ \mu C; Q_1'=C_1U=9\mu C$.

– Khi K chuyển lại về vị trí 2:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$-Q_1''+Q_2''=-Q_1'+Q_2'=-9+6=-3\ \mu C \Rightarrow Q_2''=Q_1''-3$$

+ Mặt khác: $U_1''+U_2''=U$

$$\Leftrightarrow \frac{Q_1''}{C_1}+\frac{Q_2''}{C_2}=U \Leftrightarrow \frac{Q_1''}{C_1}+\frac{Q_1''-3}{C_2}=U \Leftrightarrow Q_1''(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2})=U+\frac{3}{C_2}$$

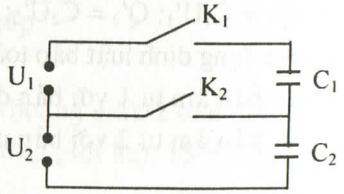
$$\Rightarrow Q_1''=\frac{U+\frac{3}{C_2}}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}}=\frac{9+\frac{3}{2}}{1+\frac{1}{2}}=7\ \mu C.$$

+ Hiệu điện thế của tụ C₁: $U_1''=\frac{Q_1''}{C_1}=\frac{7}{1}=7\ V$.

+ Hiệu điện thế của tụ C₂: $U_2''=U-U_1''=9-7=2\ V$.

Vậy: Khi K chuyển từ vị trí 2 sang vị trí 1 thì hiệu điện thế mỗi tụ là $U''_1 = 7$ V; $U''_2 = 2$ V.

4.38. Hai tụ C₁, C₂ mắc như hình vẽ. Ban đầu K₁ mở, K₂ đóng. Sau đó mở K₂ rồi đóng K₁. Tính hiệu điện thế mỗi tụ.



Bài giải

– Khi K₁ mở, K₂ đóng: Điện tích của tụ C₂: $Q_2 = C_2U_2$.

– Khi K₁ đóng, K₂ mở:

+ Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$-Q_1'+Q_2'=+Q_2 \Rightarrow Q_2'=Q_1'+Q_2=Q_1'+C_2U_2$$

+ Mặt khác: $U_1^{'} + U_2^{'} = U_1 + U_2$.

$$\Leftrightarrow \frac{Q_1^{'}}{C_1} + \frac{Q_2^{'}}{C_2} = U_1 + U_2 \Leftrightarrow \frac{Q_1^{'}}{C_1} + \frac{Q_1^{'} + C_2U_2}{C_2} = U_1 + U_2 \Leftrightarrow Q_1^{'}(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}) = U_1$$

$$\Rightarrow Q_1^{'} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}U_1$$

+ Hiệu điện thế của tụ C_1: $U_1^{'} = \frac{Q_1^{'}}{C_1} = \frac{C_2U_1}{C_1 + C_2}$.

+ Hiệu điện thế của tụ C_2:

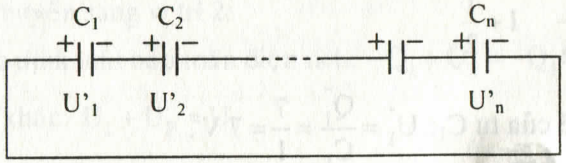
$$U_2^{'} = U_1 + U_2 - \frac{C_2U_1}{C_1 + C_2} = \frac{C_1(U_1 + U_2) + C_2(U_1 + U_2) - C_2U_1}{C_1 + C_2}$$

$$\Rightarrow U_2^{'} = \frac{C_2U_2 + C_1(U_1 + U_2)}{C_1 + C_2}.$$

Vậy: Hiệu điện thế mỗi tụ là $U_1^{'} = \frac{C_2U_1}{C_1 + C_2}$ và $U_2^{'} = \frac{C_2U_2 + C_1(U_1 + U_2)}{C_1 + C_2}$.

4.39. Các tụ $C_1, C_2, \ldots, C_n$ được tích điện đến cùng hiệu điện thế U. Sau đó mắc nối tiếp các tụ thành mạch kín, các bản tích điện trái dấu nối với nhau. Tính hiệu điện thế 2 đầu mỗi tụ.

Bài giải



– Điện tích của các tụ điện khi được tích điện đến hiệu điện thế U:

$Q_1 = C_1U; Q_2 = C_2U; \ldots ; Q_{n-1} = C_{n-1}U; Q_n = C_nU$.

– Điện tích của các tụ điện sau khi được nối với nhau:

$Q'_1 = C_1U'_1; Q'_2 = C_2U'_2; \ldots ; Q'_{n-1} = C_1U'_{n-1}; Q'_n = C_2U'_n$.

– Áp dụng định luật bảo toàn điện tích cho các điểm nối các bản tụ điện kế nhau:

+ bản âm tụ 1 với bản dương tụ 2 (điểm 1): $-Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 + Q_2$ (1)

+ bản âm tụ 2 với bản dương tụ 3 (điểm 2): $-Q'_2 + Q'_3 = -Q_2 + Q_3$ (2)

…

+ bản âm tụ (n–1) với bản dương tụ n (điểm n–1):

$-Q'_{n-1} + Q'_n = -Q_{n-1} + Q_n$ (n – 1)

hay $-C_1U'_1 + C_2U'_2 = -C_1U + C_2U$ (1')

$-C_2U'_2 + C_3U'_3 = -C_2U + C_3U$ (2')

…

$-C_{n-1}U'_{n-1} + C_nU'_n = -C_{n-1}U + C_nU$ (n' – 1)

– Trước hết ta tính U'_1:

+ Từ (1') suy ra: $U'_2 = \frac{-C_1U + C_2U + C_1U_1^{'}}{C_2} = U - \frac{C_1}{C_2}(U - U_1^{'})$ (1'')

+ Từ (2') suy ra: $U'_3 = \frac{-C_2U + C_3U + C_2U_2^{'}}{C_3} = U - \frac{C_2}{C_3}(U - U_2^{'})$

$$\Rightarrow U'_3 = U - \frac{C_2}{C_3}\left[U - (U - \frac{C_1}{C_2}(U - U_1^{'}))\right] = U - \frac{C_1}{C_3}(U - U_1^{'}) \text{ (2'')}$$

+ Tương tự: $U'_n = U - \frac{C_1}{C_n}(U - U_1^{'})$ (n''–1)

+ Mặt khác: $U'_1 + U'_2 + \ldots + U'_n = 0$

$$\Rightarrow U'_1 + U - \frac{C_1}{C_2}(U - U_1^{'}) + U - \frac{C_1}{C_3}(U - U_1^{'}) + \ldots + U - \frac{C_1}{C_n}(U - U_1^{'}) = 0$$

$$\Rightarrow nU - C_1(U - U'_1)\left[\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots + \frac{1}{C_n}\right] = 0 \Leftrightarrow nU - C_1(U - U'_1)\frac{1}{C_0} = 0$$

$$\Leftrightarrow nUC_0 - C_1(U - U'_1) = 0 \Rightarrow U'_1 = U - \frac{nC_0}{C_1}U = (1 - \frac{nC_0}{C_1})U$$

– Tương tự: $U'_2 = (1 - \frac{nC_0}{C_2})U$

– Tổng quát: $U'_i = (1 - \frac{nC_0}{C_i})U$

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu tụ điện thứ i là: $U'_i = (1 - \frac{nC_0}{C_i})U$, với i = 1 ÷ n và C_0 là điện dung tương đương của bộ tụ ghép nối tiếp.

3. GIỚI HẠN HOẠT ĐỘNG

4.40. Hai tụ $C_1 = 5.10^{-10}$F, $C_2 = 15.10^{-10}$F mắc nối tiếp, khoảng giữa 2 bản mỗi tụ lấp đầy điện môi có chiều dày d = 2mm và điện trường giới hạn 1800V/mm. Hỏi bộ tụ chịu được hiệu điện thế giới hạn bao nhiêu?

Bài giải

– Hiệu điện thế tối đa đặt vào hai đầu mỗi tụ: $U_{gh} = E_{gh}d = 1800.2 = 3600$ V

– Khi hai tụ mắc nối tiếp thì: $Q_1 = Q_2 \Rightarrow C_1U_1 = C_2U_2$.

– Vì $C_1 < C_2 \Rightarrow U_1 > U_2$.

– Nếu $U_2 = U_{gh} \Rightarrow U_1 > U_{gh}$: Tụ 1 sẽ bị đánh thủng nên $U_1 = U_{gh} = 3600$ V:

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = \frac{5.10^{-10}.3600}{15.10^{-10}} = 1200 \text{ V}$$

Vậy: Hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = U_1 + U_2 = 3600 + 1200 = 4800$ V.

4.41. Ba tụ $C_1 = 2.10^{-9}$F; $C_2 = 4.10^{-9}$F, $C_3 = 6.10^{-9}$F mắc nối tiếp. Hiệu điện thế giới hạn của mỗi tụ là 500V. Hỏi bộ tụ có chịu được hiệu điện thế 1100V không?

Bài giải

– Khi mắc 3 tụ nối tiếp: $Q_1 = Q_2 = Q_3 \Leftrightarrow C_1U_1 = C_2U_2 = C_3U_3$

– Vì $C_1 < C_2 < C_3 \Rightarrow U_1 > U_2 > U_3$ nên :

$U_1 = U_{gh} = 500$ V

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = \frac{2.10^{-9}.500}{4.10^{-9}} = 250 \text{ V}$$

$$U_3 = \frac{C_1U_1}{C_3} = \frac{2.10^{-9}.500}{6.10^{-9}} = 166{,}67 \text{ V}$$

– Hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là:

$U = U_1 + U_2 + U_3 = 500 + 250 + 166{,}67 = 916{,}67 \text{ V} < 1100$ V.

Vậy: Bộ tụ không thể chịu được hiệu điện thế 1100 V.

4.42. Tụ phẳng không khí d = 1,5cm nối với nguồn U = 39kV (không đổi).

a) Tụ có hư không nếu biết điện trường giới hạn của không khí là 30kV/cm?

b) Sau đó đặt tấm thủy tinh có ε = 7, *l* = 0,3cm và điện trường giới hạn 100kV/cm vào khoảng giữa, song song 2 bản. Tụ có hư không?

Bài giải

– Điện trường giữa hai bản tụ là: $E = \frac{U}{d} = \frac{39}{1{,}5} = 26$ kV/cm.

a) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 30 kV/cm: Vì $E < E_{gh}$ nên tụ không bị hư.

b) Trường hợp điện trường giới hạn bằng 100 kV/cm: Khi có tấm thủy tinh, điện dung của tụ tăng lên, điện tích ở các bản tụ tăng lên làm cho điện trường trong khoảng không khí cũng tăng lên.

Gọi E_1 là cường độ điện trường trong phần không khí; E_2 là cường độ điện trường trong phần thủy tinh. Ta có:

$$U = E_1(d - l) + E_2l \text{ và } E_2 = \frac{E_1}{\varepsilon}$$

$$\Rightarrow E_1 = \frac{U}{d - l + \frac{l}{\varepsilon}} = \frac{39}{1{,}2 + \frac{0{,}3}{7}} = 31{,}4 \text{ kV/cm}$$

Vì $E_1 > E_{gh} = 30$ kV/cm nên không khí bị đâm xuyên và trở nên dẫn điện, khi đó hiệu điện thế U của nguồn đặt trực tiếp vào tấm thủy tinh, điện trường trong tấm thủy tinh là:

$E_2 = \frac{U}{l} = \frac{39}{0{,}3} = 130 \text{ kV/cm} > E_{gh} = 100$ kV/cm nên thủy tinh bị đâm xuyên, tụ điện bị hư.

4.43. Ba tụ $C_1 = 1\,\mu$F, $C_2 = 2\,\mu$F, $C_3 = 3\,\mu$F có hiệu điện thế giới hạn $U_1 = 1000$V, $U_2 = 200$V, $U_3 = 500$V mắc thành bộ. Cách mắc nào có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất? Tính điện dung và hiệu điện thế giới hạn bộ tụ lúc này?

Bài giải

Với ba tụ C_1, C_2, C_3 thì sẽ có 4 cách mắc:

a) *Cách 1*: [C_1 nt C_2 nt C_3]: Ta có:

$Q_1 = Q_2 = Q_3 \Leftrightarrow C_1U_1 = C_2U_2 = C_3U_3$

$$U_1 + U_2 + U_3 = U \Leftrightarrow U_1 + \frac{C_1U_1}{C_2} + \frac{C_1U_1}{C_3} = U$$

$$\text{Từ đó: } U_1 = \frac{U}{1 + \frac{C_1}{C_2} + \frac{C_1}{C_3}} = \frac{6}{11}U \le 1000 \Rightarrow U \le \frac{5500}{3} \approx 1833 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{C_1U_1}{C_2} = \frac{1.\frac{6}{11}U}{2} = \frac{6}{22}U \le 200 \Rightarrow U \le \frac{2200}{3} \approx 733 \text{ V}$$

$$U_3 = \frac{C_1U_1}{C_3} = \frac{1.\frac{6}{11}U}{3} = \frac{6}{33}U \le 500 \Rightarrow U \le 2750 \text{ V}$$

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 733$ V.

b) *Cách 2*: [C_1 // C_2 // C_3]: Ta có: $U_1 = U_2 = U_3 \Rightarrow U_{gh} = 200$ V.

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 200$ V.

c) *Cách 3*: [(C_1 // C_2) nt C_3]: Ta có: $U_1 = U_2 \Rightarrow U_{gh_{12}} = 200$ V.

và: $Q_{12} = Q_3$

$$\Rightarrow \begin{cases} (C_1 + C_2).U_{12} = C_3U_3 \\ U_{12} + U_3 = U \end{cases} \Rightarrow U_{12} + \frac{(C_1 + C_2)U_{12}}{C_3} = U$$

$$\Rightarrow U_{12} = \frac{C_3U}{C_1 + C_2 + C_3} = 0{,}5U \le 200 \text{ V}; \ U \le 400 \text{ V}.$$

Mặt khác: $U_3 = \dfrac{(C_1 + C_2).0,5U}{C_3} = 0,5U \le 500\ V \Rightarrow U \le 1000\ V$.

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 400$ V.

d) *Cách 4*: [C_1 nt (C_2 // C_3)]: Ta có: $U_2 = U_3 \Rightarrow U_{gh_{23}} = 200\ V$.

và: $Q_1 = Q_{23} \Leftrightarrow C_1U_1 = (C_2 + C_3)U_{23}$

Mà $U_1 + U_{23} = U$

$$\Leftrightarrow U_1 + \frac{C_1U_1}{C_2 + C_3} = U \Leftrightarrow U_1 = \frac{(C_2 + C_3)U}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{5U}{6} \le 1000 \Rightarrow U \le 1200\ V.$$

và $U_{23} = \dfrac{C_1.\frac{5}{6}U}{C_2 + C_3} = \dfrac{U}{6} \le 200 \Rightarrow U \le 1200\ V$

Vậy: Trường hợp này hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là: $U_{gh} = 1200$ V.

- So sánh 4 cách mắc, ta thấy cách mắc thứ 4 là có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ là lớn nhất và bằng 1200 V. Điện dung của bộ tụ trong trường hợp này là: $C = \dfrac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} = \dfrac{1.(2+3)}{1+2+3} = \dfrac{5}{6}\mu F$

Vậy: Cách mắc có hiệu điện thế giới hạn của bộ tụ lớn nhất là cách mắc [C_1 nt (C_2 // C_3)], lúc đó $U_{gh} = 1200$ V và $C = \dfrac{5}{6}\ \mu F$.

4. NĂNG LƯỢNG CỦA TỤ ĐIỆN

4.44. Tụ điện không khí d = 5mm, S = 100cm^2, nhiệt lượng tỏa ra khi tụ phóng điện là $4,19.10^{-3}$J. Tìm U nạp.

Bài giải

Nhiệt lượng tỏa ra khi tụ phóng điện: $Q = \dfrac{CU^2}{2}$

$$\Rightarrow U^2 = \frac{2Q}{C} = \frac{2Q}{\varepsilon S}.9.10^9.4\pi\, d = \frac{2.4,19.10^{-3}.9.10^9.4\pi.5.10^{-3}}{100.10^{-4}}$$

$\Rightarrow U = 21700\ V = 21,7\ kV$.

Vậy: Hiệu điện thế nạp của tụ là U = 21,7 kV.

4.45. Một quả cầu kim loại bán kính R = 10cm tích điện đến hiệu điện thế 8000V. Tính mật độ năng lượng điện trường ở sát mặt quả cầu.

Bài giải

- Điện thế của quả cầu: $V = \dfrac{kq}{\varepsilon R} \Rightarrow q = \dfrac{V.\varepsilon R}{k} = \dfrac{8000.0,1}{9.10^9} = 8,9.10^{-8}$ C

- Năng lượng điện trường: $W = \dfrac{q^2}{8.\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}$.
- Mật độ năng lượng điện trường:

$$w = \frac{W}{S} = \frac{q^2}{8\pi\,\varepsilon\varepsilon_0 R.4\pi R^2} \Rightarrow w = \frac{(8,9.10^{-8})^2}{8\pi\dfrac{1}{4\pi.9.10^9}.4\pi.0,1^3} = 0,028\ J/m^2.$$

Vậy: Mật độ năng lượng điện trường ở sát mặt quả cầu là $w = 0,028$ J/m^2.

4.46. Năm tụ giống nhau, mỗi tụ C = 0,2 μF mắc nối tiếp. Bộ tụ được tích điện, thu năng lượng 2.10^{-4}J. Tính hiệu điện thế mỗi tụ.

Bài giải

- Năng lượng mỗi tụ thu được: $W = \dfrac{2.10^{-4}}{5} = 4.10^{-5}$ J.
- Mà $W = \dfrac{CU^2}{2} \Rightarrow U = \sqrt{\dfrac{2W}{C}} = \sqrt{\dfrac{2.4.10^{-5}}{0,2.10^{-6}}} = 20$ V.

Vậy: Hiệu điện thế của mỗi tụ là U = 20 V.

4.47. Việc hàn mối dây đồng được thực hiện bằng một xung phóng điện của tụ C = 1000 μF được tích điện đến U = 1500V. Thời gian phát xung t = 2 μs, hiệu suất thiết bị H = 4%. Tính công suất hiệu dụng trung bình của mỗi xung điện.

Bài giải

- Năng lượng của tụ C: $W = \dfrac{CU^2}{2} = \dfrac{1000.10^{-6}.1500^2}{2} = 1125$ J.
- Hiệu suất của thiết bị:

$H = \dfrac{Pt}{W} = 0,04 \Rightarrow P = \dfrac{W.0,04}{t} = \dfrac{0,04.1125}{2.10^{-6}} = 2,25.10^7$ W.

Vậy: Công suất hiệu dụng trung bình của mỗi xung điện là $P = 2,25.10^7$ W.

4.48. Tụ phẳng không khí được tích điện rồi ngắt khỏi nguồn. Hỏi năng lượng tụ thay đổi thế nào khi nhúng tụ vào điện môi lỏng có ε = 2.

Bài giải

- Năng lượng ban đầu của tụ điện: $W_1 = \dfrac{Q^2}{2C_1}$.
- Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích trên tụ không đổi, nhúng tụ vào điện môi lỏng có ε = 2 thì $C_2 = 2C_1$ nên tụ điện có năng lượng: $W_2 = \dfrac{Q^2}{2C_2} = \dfrac{W_1}{2}$

Vậy: Năng lượng của tụ giảm đi 2 lần.

4.49. Tụ phẳng không khí $C = 10^{-10}F$ được tích điện đến hiệu điện thế U = 100V rồi ngắt khỏi nguồn. Tính công cần thực hiện để tăng khoảng cách hai bản tụ lên gấp đôi?

Bài giải

– Năng lượng của tụ điện: $W_1 = \frac{C_1U^2}{2} = \frac{10^{-10}.100^2}{2} = 5.10^{-7}$ J.

– Khi ngắt tụ ra khỏi nguồn, điện tích của tụ không đổi:
$Q = C_1U = 10^{-10}.100 = 10^{-8}$ C

– Khi tăng khoảng cách của hai bản tụ lên gấp đôi thì: $C_2 = \frac{C_1}{2}$.

– Năng lượng lúc sau của tụ điện: $W_2 = \frac{Q^2}{2C_2} = \frac{Q^2}{2\frac{C_1}{2}} = 2W_1$

– Công cần thực hiện là: $A = W_2 - W_1 = W_1 = 5.10^{-7}$ J.
Vậy: Công cần thực hiện để tăng khoảng cách giữa hai bản tụ lên gấp đôi là $A = 5.10^{-7}$ J.

4.50. Tụ phẳng không khí $C = 6\mu F$ được tích điện đến hiệu điện thế U = 600V rồi ngắt khỏi nguồn.

a) Nhúng tụ vào điện môi lỏng (ε = 4) ngập 2/3 diện tích mỗi bản. Tính hiệu điện thế của tụ.

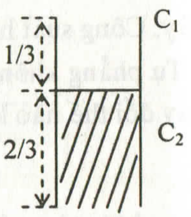
b) Tính công cần thiết để nhấc tụ điện ra khỏi điện môi. Bỏ qua trọng lượng tụ.

Bài giải

a) Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi:

– Khi nhúng một phần tụ vào điện môi, tụ có thể được coi gồm hai phần tụ mắc song song: $C_1 // C_2$.

Ta có:



+ Điện dung của phần tụ không khí:

$$C_1 = \frac{\varepsilon\frac{S}{3}}{9.10^9.4\pi d} = \frac{C}{3}$$

+ Điện dung của phần tụ lấp đầy điện môi: $C_2 = \frac{\varepsilon.\frac{2}{3}S}{9.10^9.4\pi d} = \frac{8C}{3}$

+ Điện dung tương đương của C_1, C_2: $C' = C_1 + C_2 = \frac{C}{3} + \frac{8C}{3} = 3C$

– Khi ngắt tụ khỏi nguồn thì điện tích của tụ không đổi: Q' = Q.

$\Leftrightarrow CU = C'U' \Rightarrow U' = \frac{CU}{C'} = \frac{CU}{3C} = \frac{U}{3} = \frac{600}{3} = 200$ V.

Vậy: Hiệu điện thế của tụ khi ngắt khỏi nguồn và nhúng vào điện môi là U' = 200 V.

b) Công để nhấc tụ ra khỏi điện môi

– Năng lượng của tụ không khí: $W_1 = \frac{CU^2}{2} = \frac{6.10^{-6}.600^2}{2} = 1{,}08$ J.

– Năng lượng của tụ sau khi nhúng vào điện môi:

$$W_2 = \frac{C'U'^2}{2} = \frac{3.6.10^{-6}.200^2}{2} = 0{,}36 \text{ J}$$

– Công cần thiết để nhấc tụ ra khỏi điện môi:
$A = W_1 - W_2 = 1{,}08 - 0{,}36 = 0{,}72$ J.

Vậy: Công để nhấc tụ ra khỏi điện môi là A = 0,72 J.

4.51. Hai tụ $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 0{,}5\mu F$ tích điện đến hiệu điện thế $U_1 = 100V$, $U_2 = 50V$ rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản khác dấu của 2 tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện phát ra.

Bài giải

– Điện tích của tụ C_1: $Q_1 = C_1U_1 = 2.100 = 200$ μC.

– Điện tích của tụ C_2: $Q_2 = C_2U_2 = 0{,}5.50 = 25$ μC.

– Năng lượng ban đầu của hai tụ: $W_1 = \frac{C_1U_1^2}{2} + \frac{C_2U_2^2}{2}$

$\Rightarrow W_1 = \frac{2.10^{-6}.100^2}{2} + \frac{0{,}5.10^{-6}.50^2}{2} = 10{,}625.10^{-3}$ J.

– Khi nối các bản khác dấu của hai tụ với nhau, theo định luật bảo toàn điện tích, ta có:
$Q'_1 + Q'_2 = Q_1 - Q_2$

– Mặt khác: $U'_1 = U'_2 \Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1 - Q_2}{C_1 + C_2} = \frac{200 - 25}{2 + 0{,}5} = 70$ V.

– Năng lượng của hai tụ sau khi nối hai bản khác dấu với nhau:

$$W_2 = \frac{C_1U_1'^2}{2} + \frac{C_2U_2'^2}{2} = \frac{2.10^{-6}.70^2}{2} + \frac{0{,}5.10^{-6}.70^2}{2} = 6{,}125.10^{-3} \text{ J}$$

– Năng lượng của tia lửa điện phát ra:
$\Delta W = W_1 - W_2 = 10{,}625.10^{-3} - 6{,}125.10^{-3} = 4{,}5.10^{-3}$ J.

Vậy: Năng lượng của tia lửa điện phát ra là $\Delta W = 4{,}5.10^{-3}$ J.

4.52. Hai tụ $C_1 = 600$pF, $C_2 = 1000$pF được mắc nối tiếp vào nguồn U = 20kV rồi ngắt khỏi nguồn. Nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau. Tính năng lượng của tia lửa điện nảy ra.

Bài giải

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}=\frac{600.1000}{600+1000}=375\text{ pF}$.
- Điện tích của tụ C_1, C_2: $Q_1 = Q_2 = CU = 375.10^{-12}.20000 = 7,5.10^{-6}$ C.
- Năng lượng lúc đầu của hai tụ: $W_1=\frac{Q_1^2}{2C_1}+\frac{Q_2^2}{2C_2}$

$$\Rightarrow W_1=\frac{(7,5.10^{-6})^2}{2.600.10^{-12}}+\frac{(7,5.10^{-6})^2}{2.1000.10^{-12}}=0,075\text{ J}$$

- Khi nối các bản cùng dấu của hai tụ với nhau thì: $Q'_1+Q'_2=Q_1+Q_2;\ U'_1=U'_2$

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1}=\frac{Q'_2}{C_2}=\frac{Q'_1+Q'_2}{C_1+C_2}=\frac{Q_1+Q_2}{C_1+C_2}=\frac{7,5.10^{-6}.2}{(600+1000)10^{-12}}=9375$$

$\Rightarrow U'_1 = U'_2 = 9375$ V.

- Năng lượng lúc sau của hai tụ: $W_2=\frac{C_1U_1'^2}{2}+\frac{C_2U_2'^2}{2}$

$$\Rightarrow W_2=\frac{600.10^{-12}.9375^2}{2}+\frac{1000.10^{-12}.9375^2}{2}\approx 0,0703\text{ J}$$

- Năng lượng tia lửa điện phát ra:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 0,075 - 0,0703 = 0,0047 = 4,7.10^{-3}\text{ J}.$$

Vậy: Năng lượng của tia lửa điện phát ra là $\Delta W = 4,7.10^{-3}$ J

4.53. Tụ phẳng có $S = 200\text{cm}^2$, điện môi là bản thủy tinh dày d = 1mm, ε = 5, tích điện với U = 300V. Rút bản thủy tinh khỏi tụ. Tính độ biến thiên năng lượng của tụ và công cần thực hiện. Công này dùng để làm gì? Xét khi rút thủy tinh.

a) Tụ vẫn nối với nguồn. b) Ngắt tụ khỏi nguồn.

Bài giải

Gọi điện dung của tụ điện khi có tấm thủy tinh là C và khi không có tấm thủy tinh là C_0 thì: $C=\varepsilon C_0=\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

a) Khi tụ vẫn nối với nguồn

- Năng lượng của tụ điện khi mắc vào nguồn là: $W=\frac{1}{2}CU^2=\frac{1}{2}\varepsilon C_0U^2$.
- Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết là:

$$W'=\frac{1}{2}C_0U^2.$$

- Độ biến thiên năng lượng của tụ: $\Delta W = W' - W$

$$\Rightarrow \Delta W=\frac{U^2}{C}(C_0-C)=\frac{1}{2}(1-\varepsilon)C_0U^2=\frac{(1-\varepsilon)\varepsilon_0SU^2}{2d}$$

$$\Rightarrow \Delta W=\frac{(1-5).200.10^{-4}.300^2}{2.10^{-3}.4\pi.9.10^9}=-318.10^{-7}\text{J}.$$

- Khi rút tấm thủy tinh ra khỏi tụ điện, ta cần thực hiện một công. Khi tụ điện nối với nguồn, công A dùng để rút tấm thủy tinh có giá trị bằng độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện – nguồn. Một phần công này làm thay đổi năng lượng của tụ điện một lượng: $\Delta W=\frac{1}{2}(1-\varepsilon)C_0U^2$
- Khi tấm thủy tinh được rút ra khỏi tụ điện, điện dung của tụ điện giảm đi, do đó với cùng hiệu điện thế U, điện tích của tụ điện giảm đi. Một phần điện tích ΔQ đã dịch chuyển ngược chiều nguồn điện. Công dịch chuyển các điện tích này bằng: $\Delta W'=-\Delta Q.U=-\Delta C.U^2=U^2C_0(\varepsilon-1)$

Do đó:

$$A=\Delta W+\Delta W'=\frac{1}{2}(1-\varepsilon)C_0U^2+U^2C_0(\varepsilon-1)=\frac{1}{2}(\varepsilon-1)C_0U^2=318.10^{-7}\text{ J}.$$

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là $\Delta W=-318.10^{-7}$ J và $A=318.10^{-7}$ J.

b) Khi ngắt tụ khỏi nguồn

- Năng lượng của tụ điện được tích điện khi có tấm thủy tinh là:

$$W=\frac{1}{2}CU^2=\frac{1}{2}.\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}.\frac{Q^2}{\varepsilon C_0}$$

- Sau khi ngắt tụ điện khỏi nguồn, điện tích trên các bản tụ giữ nguyên không đổi. Năng lượng của tụ điện sau khi bản thủy tinh đã được rút ra hết:

$$W'=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_0}$$

- Độ biến thiên năng lượng của tụ điện:

$$\Delta W=W'-W=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C_0}(1-\frac{1}{\varepsilon})=\frac{\varepsilon(\varepsilon-1)C_0U^2}{2}=\frac{(\varepsilon-1)\varepsilon_0\varepsilon SU^2}{2d}$$

$$\Delta W=\frac{(5-1).5.200.10^{-4}.300^2}{2.10^{-3}.4\pi.9.10^9}=1590.10^{-7}\text{ J}$$

– Khi tụ điện được ngắt khỏi nguồn, công để rút tấm thủy tinh chỉ bằng độ biến thiên năng lượng của tụ điện: $A' = \Delta W = 1590.10^{-7}$ J.

Vậy: Độ biến thiên năng lượng và công cần thực hiện trong trường hợp này là $\Delta W = A' = 1590.10^{-7}$ J.

4.54. Tụ phẳng có diện tích bản S, khoảng cách 2 bản là x, nối với nguồn U không đổi.

a) Năng lượng tụ thay đổi ra sao khi x tăng.

b) Tính công suất cần để tách các bản theo x.

Biết vận tốc các bản tách xa nhau là v.

c) Cơ năng cần thiết và độ biến thiên năng lượng của tụ đã biến thành dạng năng lượng nào?

Bài giải

a) Sự thay đổi năng lượng của tụ khi x tăng: Gọi x là khoảng cách ban đầu giữa hai bản; x' là khoảng cách lúc sau giữa hai bản. Ta có: $\Delta x = x' - x > 0$.

– Độ biến thiên năng lượng của tụ điện: $\Delta W = W' - W = \frac{C'U^2}{2} - \frac{CU^2}{2}$

$$\Rightarrow \Delta W = \frac{U^2}{2}\left(\frac{\varepsilon_0 S}{x'} - \frac{\varepsilon_0 S}{x}\right) = \frac{U^2\varepsilon_0 S}{2xx'}(x - x') = -\frac{U^2\varepsilon_0 S}{2xx'}.\Delta x < 0.$$

Vậy: Khi x tăng thì năng lượng của tụ điện giảm.

b) Công suất cần để tách các bản tụ

Ta có: $P = \frac{A}{\Delta t} = -\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{U^2\varepsilon_0 S}{2xx'}.\frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{U^2\varepsilon_0 S}{2x^2}.\frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow P \approx \frac{U^2\varepsilon_0 S}{2x^2}.v$

Vậy: Công suất cần để tách các bản tụ theo x là $P \approx \frac{U^2\varepsilon_0 S}{2x^2}.v$, với $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ là vận tốc các bản khi tách ra xa nhau.

c) Công cơ học và phần năng lượng được giải phóng khỏi tụ điện đã biến thành công để đưa các điện tích về nguồn. Toàn bộ phần năng lượng nói trên biến thành nhiệt năng và hóa năng.

4.55. Tụ phẳng không khí có các bản chữ nhật cách nhau đoạn d. Mép dưới các bản chạm vào mặt điện môi lỏng ε có khối lượng riêng D. Nối tụ với nguồn U, điện môi dâng lên đoạn H giữa hai bản. Bỏ qua hiện tượng mao dẫn. Tính H.

Bài giải

– Khi tụ điện đã được tích điện và được đặt chạm vào chất lỏng điện môi, nó có xu hướng hút điện môi vào giữa hai bản, vì vậy năng lượng của hệ giảm đi.

– Công của lực điện trường kéo điện môi lỏng vào trong tụ điện biến thành thế năng của cột điện môi trong trọng trường. Công này bằng độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện – nguồn: $A = \frac{U^2(C_2 - C_1)}{2}$

Với C₁, C₂ là điện dung của tụ điện trước và sau khi có cột điện môi với chiều cao H. Ta có thể coi tụ điện sau khi điện môi dâng lên như gồm hai tụ điện mắc song song: một tụ điện không khí có chiều cao h – H, một tụ điện có điện môi lỏng có chiều cao H. Do đó:

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 lh}{d}$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 l(h - H)}{d} + \frac{\varepsilon\varepsilon_0 lH}{d} = \frac{\varepsilon_0 lh}{d} + \frac{\varepsilon_0(\varepsilon - 1)lH}{d} = C_1 + \frac{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 lH}{d}$$

$$\Rightarrow A = \frac{U^2}{2d}\varepsilon_0(\varepsilon - 1)lH$$

– Trọng lượng của cột điện môi là: $P = mg = DgdlH$.

– Thế năng W của cột điện môi trong trọng trường bằng trọng lượng của nó nhân với chiều cao khối tâm $\frac{H}{2}$: $W = P.\frac{H}{2} = \frac{1}{2}DgldH^2$.

– Vì $A = W \Rightarrow H = \frac{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 U^2}{Dgd^2}$.

Vậy: Độ cao của cột điện môi dâng lên giữa hai bản là $H = \frac{(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 U^2}{Dgd^2}$.

4.56. Có hai tụ điện phẳng giống nhau: một tụ có điện môi là không khí và có điện dung $C_0 = 100\,\mu F$. Người ta tích điện cho tụ này đến hiệu điện thế $U_0 = 60V$, tụ thứ hai có điện môi, mà hằng số điện môi phụ thuộc vào hiệu điện thế U giữa hai bản tụ của nó theo quy luật $\varepsilon = \alpha U$ với $\alpha = 0,1(V^{-1})$. Tụ thứ hai ban đầu không tích điện. Ta mắc song song hai tụ này với nhau.

a) Hỏi hiệu điện thế trên mỗi tụ bằng bao nhiêu?

b) Tính độ biến thiên năng lượng của hệ tụ. Nhận xét và giải thích.

Bài giải

a) Hiệu điện thế trên mỗi tụ

– Điện tích ban đầu của tụ 1: $Q_1 = C_0U_0 = 100.10^{-6}.60 = 6.10^{-3}$ C.

– Khi hai tụ mắc song song với nhau: $Q_1' + Q_2' = Q_1$; $U_1' = U_2'$

$$\Leftrightarrow \frac{Q'_1}{C_1} = \frac{Q'_2}{C_2} = \frac{Q'_1 + Q'_2}{C_1 + C_2} = \frac{Q_1}{C_1 + C_2} = \frac{6.10^{-3}}{10^{-4}(\varepsilon + 1)} = \frac{60}{0,1.U'_2 + 1} = U'_2$$

$$60 = 0,1U'^2_2 + U'_2 \Leftrightarrow 0,1U'^2_2 + U'_2 - 60 = 0$$

$\Rightarrow U'_{21} = 20$ V; $U'_{22} = -30$ V (loại).

Vậy: Hiệu điện thế trên mỗi tụ là $U'_1 = U'_2 = 20$ V.

b) Độ biến thiên năng lượng của hệ tụ

- Năng lượng ban đầu của hệ tụ: $W_1 = \frac{C_0U_0^2}{2} = \frac{10^{-4}.60^2}{2} = 0,18$ J
- Năng lượng lúc sau của hệ tụ:

$$W_2 = \frac{C_1U'^2_1}{2} + \frac{C_2U'^2_2}{2} = \frac{10^{-4}.20^2}{2} + \frac{0,1.20.10^{-4}.20^2}{2} = 0,06 \text{ J}.$$

- Độ biến thiên năng lượng của hệ tụ:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = 0,06 - 0,18 = -12.10^{-2} \text{ J} < 0.$$

Vậy: Năng lượng của hệ tụ giảm.

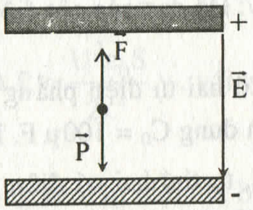
5. ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG CỦA TỤ ĐIỆN

4.57. Hạt bụi m = 1g mang điện tích $q = -10^{-6}$C nằm cân bằng trong điện trường của tụ phẳng có các bản tụ nằm ngang, d = 2cm. Cho g = 10m/s.

a) Tính hiệu điện thế U của tụ điện.

b) Điện tích hạt bụi giảm đi 20%. Phải thay đổi U thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng.

Bài giải



a) Hiệu điện thế của tụ điện:

Để hạt bụi nằm cân bằng trong điện trường thì:

$$P = F \Leftrightarrow mg = qE = q\frac{U}{d}$$

$$\Rightarrow U = \frac{mgd}{q} = \frac{10^{-3}.10.0,02}{10^{-6}} = 200 \text{ V}$$

Vậy: Hiệu điện thế của tụ điện là U = 200 V.

b) Phải thay đổi U thế nào để hạt bụi vẫn cân bằng?

- Khi điện tích hạt bụi giảm đi 20% thì: q' = 0,8q.
- Để hạt bụi nằm cân bằng thì: P = F'

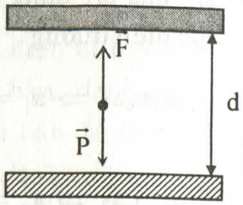
$$\Leftrightarrow mg = q'\frac{U'}{d} \Rightarrow U' = \frac{mgd}{q'} = \frac{10^{-3}.10.0,02}{0,8.10^{-6}} = 250 \text{ V}.$$

Vậy: Để hạt bụi vẫn nằm cân bằng thì phải tăng hiệu điện thế thêm

$\Delta U = 250 - 200 = 50$ V.

4.58. Tụ phẳng có các bản nằm ngang, d = 1cm, U = 1000V. Một giọt thủy ngân mang điện tích q nằm cân bằng ngay giữa 2 bản. Đột nhiên U giảm bớt 4V. Hỏi sau bao lâu giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới? Cho g = 10m/s^2.

Bài giải



- Để giọt thủy ngân nằm cân bằng trong điện trường thì: P = F.

$$\Leftrightarrow mg = q\frac{U}{d} \Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{gd}{U} = \frac{10.0,01}{1000} = 10^{-4}$$

- Khi U giảm bớt 4(V) thì U′ = U – 4 = 1000 – 4 = 996V thì:

$$P - F' = ma \Leftrightarrow mg - q\frac{U'}{d} = ma$$

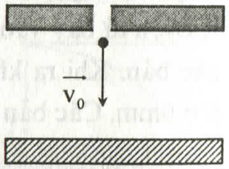
$$\Rightarrow a = g - \frac{qU'}{md}$$

- Khi giọt thủy ngân rơi chạm bản dưới thì quãng đường đi được là: $s = \frac{d}{2}$.

$$\text{Ta có: } s = \frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2.\frac{d}{2}}{g - \frac{qU'}{md}}} = \sqrt{\frac{d}{g - \frac{qU'}{md}}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,01}{10 - 10^{-4}.\frac{996}{0,01}}} = 0,5\text{s}$$

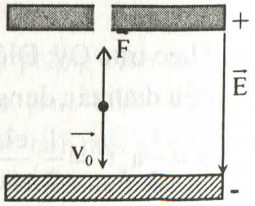
Vậy: Thời gian để giọt thủy ngân rơi chạm đến bản dưới là t = 0,5 s.

4.59. Một êlectrôn bay vào trong điện trường của một tụ phẳng theo phương song song với các đường sức với $v_0 = 8.10^6$m/s. Tìm U giữa hai bản tụ để êlectrôn không tới được bản đối diện. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.



Bài giải

- Để êlectrôn không tới được bản đối diện thì quãng đường êlectrôn chuyển động trong điện trường là $s \le d$. Khi êlectrôn dừng lại thì:



$$\frac{mv_0^2}{2} = Fs = qEs = q\frac{U}{d}s \Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} = q\frac{U}{d}s$$

$$\Rightarrow U = \frac{mv_0^2d}{2qs} \ge \frac{mv_0^2d}{2qd} = \frac{mv_0^2}{2q}.$$

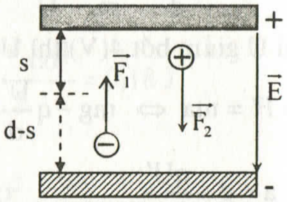
$$U \ge \frac{9,1.10^{-31}.(8.10^6)^2}{2.1,6.10^{-19}} = 182 \text{ V}$$

Vậy: Để êlectrôn không đi đến được bản đối diện thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện phải là $U \ge 182$ V.

4.60. Tụ phẳng d = 4cm được tích điện. Một êlectrôn bắt đầu chuyển động từ bản âm sang bản dương, đồng thời một prôtôn cũng bắt đầu chuyển động ngược lại từ bản dương. Hỏi chúng gặp nhau cách bản dương một khoảng bao nhiêu? Biết $m_p = 1840m_e$. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

Bài giải

- Bỏ qua tác dụng của trọng lực nên prôtôn và êlectrôn chỉ chịu tác dụng của lực điện trường:



$$F_1 = m_e a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{q_e E}{m_e}$$

$$F_2 = m_p a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{q_p E}{m_p}$$

- Gọi s là khoảng cách từ điểm gặp nhau tới bản dương thì quãng đường mà êlectrôn đi là (d–s), quãng đường prôtôn đi là s. Ta có:

$$d - s = \frac{a_1 t^2}{2};\ s = \frac{a_2 t^2}{2} \Rightarrow \frac{d-s}{s} = \frac{a_1}{a_2} = \frac{q_e}{q_p}.\frac{m_p}{m_e} \quad (q_p = |q_e|)$$

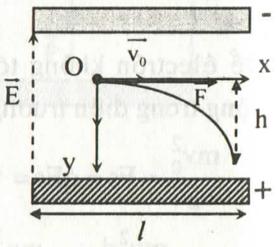
$$\Rightarrow \frac{d}{s} - 1 = \frac{m_p}{m_e} = 1840 \Rightarrow s = \frac{d}{1841} = \frac{0{,}04}{1841} = 2{,}2.10^{-5}\ \text{m}.$$

Vậy: Vị trí gặp nhau của hai hạt cách bản dương một khoảng $s = 2{,}2.10^{-5}$m.

4.61. Điện tử bay vào một tụ phẳng với $v_0 = 3{,}2.10^7$m/s theo phương song song với các bản. Khi ra khỏi tụ, hạt bị lệch theo phương vuông góc với các bản đoạn h = 6mm. Các bản dài l = 6cm cách nhau d = 3cm. Tính U giữa hai bản tụ.

Bài giải

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần theo hai trục Ox và Oy:



  + Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều:

    $x = v_0 t$ (1)

  + Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

    $y = \frac{1}{2}a_y t^2 = \frac{1}{2}.\frac{eU}{md}t^2$ (2), với $a = \frac{F}{m} = \frac{eU}{md}$

- Khi ra khỏi bản thì quãng đường điện tử đi được theo trục Ox là x = l, theo trục Oy là y = h. Do đó:

  + Từ (1) suy ra: $t = \frac{l}{v_0}$.

Thay giá trị của t vào (2) với chú ý y = h ta được: $h = \frac{1}{2}.\frac{eU}{md}.\left(\frac{l}{v_0}\right)^2$

$$\Rightarrow U = \frac{2hv_0^2 md}{el^2} = \frac{2.6.10^{-3}.(3{,}2.10^7)^2.9{,}1.10^{-31}.3.10^{-2}}{1{,}6.10^{-19}.(6.10^{-2})^2} = 582{,}4\ \text{V}.$$

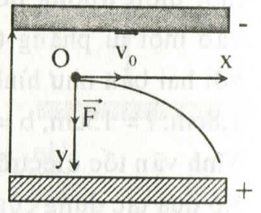
Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là U = 582,4 V.

4.62. Sau khi được tăng tốc bởi hiệu điện thế U_0 = 100V, một điện tử bay vào chính giữa hai bản tụ phẳng theo phương song song với hai bản. Hai bản có chiều dài l = 10cm, khoảng cách d = 1cm. Tìm U giữa hai bản để điện tử không ra được khỏi tụ.

Bài giải

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần:
  + Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$.
  + Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường: $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$ (với $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$; x = vt) $\Rightarrow y = \frac{qUx^2}{2mdv_0^2}$

- Vận tốc ban đầu của điện tử: $qU_0 = \frac{mv_0^2}{2}$



$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m}} = \sqrt{\frac{2.1{,}6.10^{-19}.100}{9{,}1.10^{-31}}} = 6.10^6\ \text{m/s}.$$

- Để điện tử không ra khỏi tụ thì: $y \ge \frac{d}{2} \Leftrightarrow \frac{qUx^2}{2mdv_0^2} \ge \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow U \ge \frac{md^2 v_0^2}{qx^2} = \frac{9{,}1.10^{-31}.0{,}01^2.(6.10^6)^2}{1{,}6.10^{-19}.0{,}1^2} = 2{,}04\ \text{V}$$

Vậy: Để điện tử không ra được khỏi tụ thì U ≥ 2,04 V.

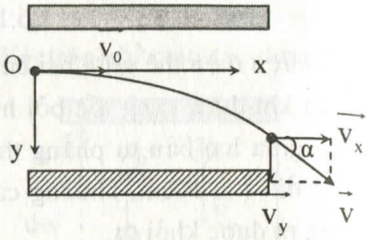
4.63. Điện tử mang năng lượng W_0 = 1500eV bay vào một tụ phẳng theo hướng song song với hai bản. Hai bản dài l = 5cm, cách nhau d = 1cm. Tính U giữa hai bản để điện tử bay khỏi tụ điện theo phương hợp với các bản một góc α = 11^0 ($\tan 11^0 \approx 0{,}2$).

Bài giải

- Chọn hệ trục xOy như hình vẽ. Chuyển động của điện tử trong điện trường được chia thành hai phần:
  + Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều: $x = v_0 t$; $v_x = v_0$ = const.

+ Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường: $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$; $v_y = at$ (với $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$)

– Ta có:



+ $\tan\alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{a\frac{x}{v_0}}{v_0} = \frac{ax}{v_0^2} = \frac{qUx}{mdv_0^2}$ (1)

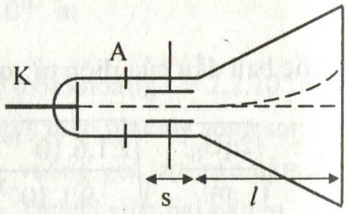
+ $W_0 = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2W_0}{m}$ (2)

– Thay (2) vào (1), ta được: $\tan\alpha = \frac{qUx}{md.\frac{2W_0}{m}} = \frac{qUx}{2dW_0}$

$$\Rightarrow U = \frac{2dW_0.\tan\alpha}{qx} = \frac{2.0,01.1500.1,6.10^{-19}.0,2}{1,6.10^{-19}.0,05} = 120\ V.$$

Vậy: Để điện tử bay ra khỏi tụ theo phương hợp với các bản một góc 11° thì U = 120 V.

4.64. Êlectrôn thoát ra từ K, được tăng tốc bởi một điện trường đều giữa A và K rồi đi vào một tụ phẳng theo phương song song với hai bản như hình vẽ. Biết s = 6cm, d = 1,8cm; *l* = 15cm, b = 2,1cm; U của tụ 50V.



Tính vận tốc êlectrôn khi bắt đầu đi vào tụ, và hiệu điện thế U_0 giữa K và A. Bỏ qua tác dụng của trọng lực.

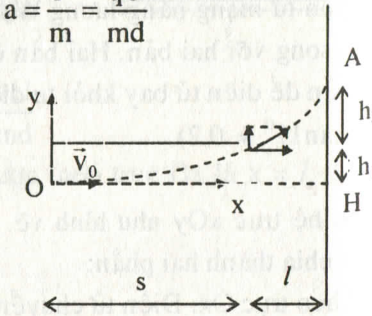
Bài giải

– Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Điện tử chuyển động thẳng đều: $x = v_0t$; $v_x = v_0 = const.$

+ Theo trục Oy: Điện tử chuyển động nhanh dần đều dưới tác dụng của lực điện trường: $y = \frac{at^2}{2} = \frac{ax^2}{2v_0^2}$; $v_y = at$, với $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$

– Khi điện tử ra khỏi tụ:



$y = h_1 = \frac{1}{2}.\frac{qU}{md}.\frac{s^2}{v_0^2}$; $v_y = \frac{qU}{md}.\frac{s}{v_0}$

Ta có: $\frac{h_2}{v_y} = \frac{l}{v_0} \Rightarrow h_2 = \frac{qUls}{mdv_0^2}$

$$b = h_1 + h_2 = \frac{1}{2}.\frac{qUs}{mdv_0^2}(s + 2l)$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{qUs(s+2l)}{2mdb}} = \sqrt{\frac{1,6.10^{-19}.50.0,06.(0,06+2.0,15)}{2.9,1.10^{-31}.1,8.10^{-2}.2,1.10^{-2}}} = 1,6.10^7\ m/s$$

– Hiệu điện thế U_0 giữa K và A: $qU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$

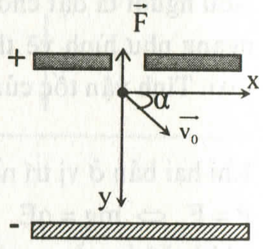
$$\Rightarrow U_0 = \frac{mv_0^2}{2q} = \frac{9,1.10^{-31}.(1,6.10^7)^2}{2.1,6.10^{-19}} = 728\ V.$$

Vậy: Vận tốc êlectrôn khi bắt đầu đi vào tụ là $v_0 = 1,6.10^7$ m/s; hiệu điện thế giữa K và A là U_0 = 728 V.

4.65. Êlectrôn bay vào một tụ phẳng với vận tốc $\overrightarrow{v_0}$ qua một lỗ nhỏ ở bản dương, hợp với bản góc α. Các bản có khoảng cách d, hiệu điện thế U. Bỏ qua trọng lượng. Hỏi êlectrôn có thể cách bản tụ âm khoảng ngắn nhất bao nhiêu?

Bài giải

– Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.



+ Theo trục Ox: Êlectrôn chuyển động thẳng đều:

$x = (v_0\cos\alpha)t$; $v_x = v_0\cos\alpha$

+ Theo trục Oy: Êlectrôn chuyển động chậm dần đều dưới tác dụng của lực điện trường:

$y = (v_0\sin\alpha)t + \frac{at^2}{2}$; $v_y = v_0\sin\alpha + at$, với $a = \frac{F}{m} = \frac{qU}{md}$

Gọi x là khoảng cách ngắn nhất mà êlectrôn có thể cách bản tụ âm, quãng đường mà êlectrôn đi được là: s = d – x. Ta có:

$v^2 - v_{0y}^2 = 2a(d - x)$

$$\Leftrightarrow 0 - v_0^2\sin^2\alpha = \frac{2qU}{md}(d - x) \Rightarrow x = d - \frac{mv_0^2\sin^2\alpha}{2qU} = d(1 - \frac{mv_0^2\sin^2\alpha}{2eU})$$

Vậy: Êlectrôn có thể cách bản tụ âm khoảng ngắn nhất là

$x = d(1 - \frac{mv_0^2\sin^2\alpha}{2eU})$.

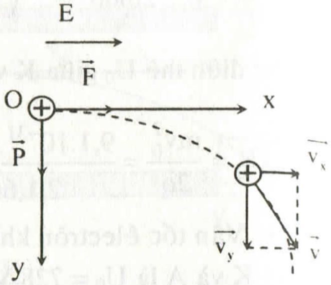
4.66. Hạt bụi m = 0,01g mang điện tích $q = 10^{-5}$C đặt vào điện trường đều $\vec{E}$ nằm ngang, hạt bụi chuyển động với $v_0 = 0$, sau t = 4s đạt vận tốc v = 50m/s. Cho $g = 10m/s^2$. Có kể đến tác dụng của trọng lực. Tìm E.

Bài giải

– Chọn hệ trục xOy như hình vẽ.

+ Theo trục Ox: Hạt bụi chuyển động nhanh dần đều đều: $v_x = at = \frac{qE}{m}t$

+ Theo trục Oy: Hạt bụi rơi tự do: $v_y = gt$



Ta có: $v^2 = v_x^2 + v_y^2$

$\Rightarrow v_x = \sqrt{v^2 - v_y^2} = \sqrt{50^2 - (10.4)^2} = 30$ m/s.

– Cường độ điện trường:

$E = \frac{mv_x}{qt} = \frac{0{,}01.10^{-3}.30}{10^{-5}.4} = 7{,}5$ V/m.

Vậy: Cường độ điện trường đặt vào điện tích là E = 7,5 V/m.

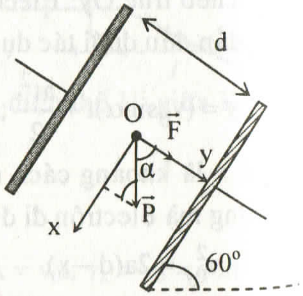
4.67. Hai bản kim loại A và B được đặt song song, cách nhau khoảng d và có những điện tích đối nhau. Ở ngay giữa hai bản và cách đều hai bản có một giọt dầu tích điện (P). Khi hai bản ở vị trí nằm ngang thì giọt dầu có cân bằng. Nếu người ta đặt cho hai bản kim loại nằm nghiêng góc 60^0 so với mặt phẳng ngang như hình vẽ thì sau một lúc giọt dầu sẽ tới va chạm với một bản kim loại. Tính vận tốc của giọt dầu khi va chạm nói trên xảy ra.

Bài giải

– Khi hai bản ở vị trí nằm ngang thì giọt dầu cân bằng:

$P = F \Leftrightarrow mg = qE$

– Khi hai bản nằm nghiêng góc 60^0 so với mặt phẳng ngang: Chọn hệ trục xOy như hình vẽ, phân tích chuyển động của giọt dầu thành hai thành phần theo hai trục Ox và Oy:



+ Theo trục Ox: $v_x = a_xt = (g\sin\alpha)t$

+ Theo trục Oy: $v_y = a_yt = (\frac{F}{m} + g\cos\alpha)t = g(1 + \cos\alpha)t$

và $y = \frac{1}{2}a_yt^2 = \frac{1}{2}g(1 + \cos\alpha)t^2$

– Khi giọt dầu va chạm vào tấm kim loại thì quãng đường mà nó đi theo trục Oy là $y = \frac{d}{2} \Leftrightarrow y = \frac{1}{2}g(1 + \cos\alpha)t^2 = \frac{d}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{g(1 + \cos\alpha)}}$

– Vận tốc theo trục Ox: $v_x = g\sin\alpha\sqrt{\frac{d}{g(1+\cos\alpha)}} = \sin\alpha\sqrt{\frac{gd}{(1+\cos\alpha)}}$

– Vận tốc theo trục Oy: $v_y = g(1 + \cos\alpha)\sqrt{\frac{d}{g(1 + \cos\alpha)}} = \sqrt{(1 + \cos\alpha)gd}$

– Vận tốc của giọt dầu khi va chạm: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

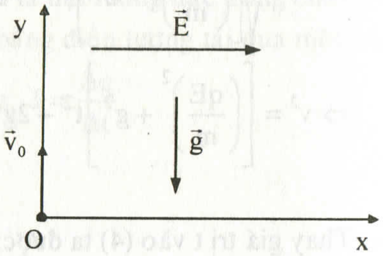
$$\Rightarrow v = \sqrt{(\sin\alpha\sqrt{\frac{gd}{(1 + \cos\alpha)}})^2 + (\sqrt{(1 + \cos\alpha)gd})^2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\sin^2\alpha.\frac{gd}{(1 + \cos\alpha)} + (1 + \cos\alpha)gd} = \sqrt{gd\left[\frac{\sin^2\alpha + (1 + \cos\alpha)^2}{(1 + \cos\alpha)}\right]}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{gd\left[\frac{\sin^2\alpha + 1 + \cos^2\alpha + 2\cos\alpha}{(1 + \cos\alpha)}\right]} = \sqrt{2gd}.$$

Vậy: Vận tốc của giọt dầu khi va chạm với một bản kim loại là $v = \sqrt{2gd}$.

4.68. Truyền cho một quả cầu nhỏ có khối lượng m, mang điện tích q (q > 0) vận tốc đầu $\vec{v_0}$ thẳng đứng hướng lên. Quả cầu nằm trong điện trường đều nằm ngang, có cường độ điện trường $\vec{E}$. Bỏ qua sức cản của không khí và sự phụ thuộc gia tốc rơi tự do vào độ cao. Hãy viết phương trình quỹ đạo của quả cầu và xác định vận tốc cực tiểu của nó trong quá trình chuyển động.



Bài giải

– Chọn hệ tọa độ Oxy như hình vẽ, phân tích chuyển động của quả cầu thành hai thành phần:

+ Theo Ox: Quả cầu chuyển động nhanh dần đều do lực điện trường F = qE:

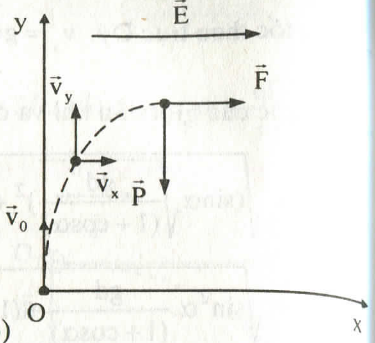
$v_x = a_xt = \frac{F}{m}t = \frac{qE}{m}t$; $x = \frac{1}{2}a_xt^2 = \frac{1}{2}.\frac{qE}{m}t^2$ (1)

+ Theo Oy: Quả cầu chuyển động chậm dần đều do trọng lực P = mg:

$v_y = v_0 - a_yt = v_0 - gt$; $y = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ (2)

– Từ (1) suy ra: $t = \sqrt{\frac{2mx}{qE}}$, thay giá trị t vào (2) ta được:

$$y = v_0\sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{1}{2}g\left(\sqrt{\frac{2mx}{qE}}\right)^2 = v_0\sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{1}{2}g.\frac{2mx}{qE}$$



$$\Rightarrow y = v_0\sqrt{\frac{2mx}{qE}} - \frac{mgx}{qE}$$

$$\Leftrightarrow y + \frac{mgx}{qE} = v_0\sqrt{\frac{2mx}{qE}}$$

$$\Leftrightarrow y^2 + \frac{2mgxy}{qE} + \left(\frac{mg}{qE}\right)^2 x^2 = \frac{2mxv_0^2}{qE}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{mg}{qE}\right)^2 x^2 + y^2 + \frac{2m}{qE}(gy - v_0^2)x = 0 \qquad (3)$$

– Vận tốc của quả cầu: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{\left(\frac{qE}{m}\right)^2 t^2 + (v_0 - gt)^2}$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]t^2 - 2gv_0t + v_0^2} \qquad (4)$$

$$\Rightarrow v^2 = \left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]t^2 - 2gv_0t + v_0^2 \Rightarrow v_{min} \Leftrightarrow v^2{}_{min} \Rightarrow t = \frac{gv_0}{\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2}.$$

– Thay giá trị t vào (4) ta được:

$$v_{min} = \sqrt{\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right].\frac{g^2v_0^2}{\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]^2} - 2gv_0.\frac{gv_0}{\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]} + v_0^2}$$

$$v_{min} = \sqrt{-\frac{g^2v_0^2}{\left[\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2\right]} + v_0^2} = \frac{qE}{\sqrt{q^2E^2 + m^2g^2}}v_0 \Rightarrow v_{min} = \frac{qE}{\sqrt{q^2E^2 + m^2g^2}}v_0.$$

Vậy: Phương trình quỹ đạo của quả cầu là

$\left(\frac{mg}{qE}\right)^2 x^2 + y^2 + \frac{2m}{qE}(gy - v_0^2)x = 0$; vận tốc cực tiểu của quả cầu là

$v_{min} = \frac{qE}{\sqrt{q^2E^2 + m^2g^2}}v_0$ đạt được tại thời điểm $t = \frac{gv_0}{\left(\frac{qE}{m}\right)^2 + g^2}$.

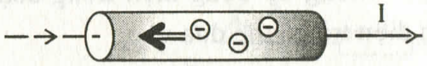
Phần thứ hai

DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

Chuyên đề 5: DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI – ĐIỆN TRỞ ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Dòng điện không đổi



1. **Dòng điện:** Dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện. Chiều của dòng điện được quy ước là chiều chuyển động của các điện tích dương (ngược với chiều chuyển động của các êlectron trong kim loại).

2. **Cường độ dòng điện:** Cường độ dòng điện là đại lượng đặc trưng cho tính "mạnh", "yếu" của dòng điện và được đo bằng điện lượng tải qua một tiết diện của dây dẫn trong một đơn vị thời gian: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$.

   Với dòng điện không đổi thì: $I = \frac{q}{t}$.

II. Điện trở – Định luật Ôm cho đoạn mạch

1. **Điện trở**

– *Điện trở của dây dẫn kim loại hình trụ*: $R = \rho\frac{l}{S}$ (ρ là điện trở suất; l là chiều dài; S là tiết diện).

– *Điện trở phụ thuộc vào nhiệt độ*: $R = R_0(1 + \alpha t)$ hay $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$.

(R_0 là điện trở dây dẫn ở 0°C; R là điện trở dây dẫn ở t°C; với kim loại $\rho > 0$, với chất điện phân $\rho < 0$).

2. **Định luật Ôm cho đoạn mạch (điện trở):** $I = \frac{U}{R}$.

3. **Ghép các điện trở**

a) Ghép nối tiếp:

$I = I_1 = I_2 = \ldots = I_n$; $U = U_1 + U_2 + \ldots + U_n$; $R = R_1 + R_2 + \ldots + R_n$.

b) Ghép song song:

$I = I_1 + I_2 + \ldots + I_n$; $U = U_1 = U_2 = \ldots = U_n$; $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_n}$.

- **Chú ý:**

– Với đoạn mạch nối tiếp: $R > R_i$; $\frac{U_i}{U_j} = \frac{R_i}{R_j}$ (chia thế, tỉ lệ thuận).

– Với đoạn mạch song song: $R < R_i$; $\frac{I_i}{I_j} = \frac{R_j}{R_i}$ (chia dòng, tỉ lệ nghịch).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

1. Để tính cường độ dòng điện trong đoạn mạch, hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch điện trở có thể dựa vào:

– Công thức định nghĩa cường độ dòng điện ($I = \frac{q}{t}$); định luật Ôm ($I = \frac{U}{R}$).

– Tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song.

– Các bài toán "chia thế" (đoạn mạch nối tiếp), "chia dòng" (đoạn mạch song song).

2. Khi tính toán điện trở cần chú ý:

– Công thức định luật Ôm ($R = \frac{U}{I}$); công thức $R = \rho\frac{l}{S}$, công thức $R = R_0(1+\alpha t)$.

– Tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song.

– Các bài toán "chia thế" (đoạn mạch nối tiếp), "chia dòng" (đoạn mạch song song).

– Các quy tắc tính "*Điện trở tương đương*" đối với các mạch điện trở ghép với nhau:

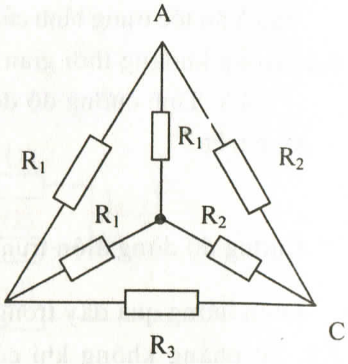
+ *Các quy tắc biến đổi tương đương*:

- Chập các nút có cùng điện thế (thường với đoạn mạch có R = 0) hoặc tách một nút thành nhiều nút có cùng điện thế.
- Chập các nút đối xứng nhau qua một trục (mạch điện phẳng) hoặc một mặt phẳng (mạch điện không gian) qua đầu ra – vào của mạch điện (vì có cùng điện thế); tách một nút thành nhiều nút thì các nút này phải nằm đối xứng nhau qua một trục (mạch điện phẳng) hoặc một mặt phẳng (mạch điện không gian) qua đầu ra – vào của mạch điện.
- Bỏ qua đoạn mạch không có dòng điện đi qua (đoạn mạch có điện trở rất lớn).

+ *Các phép biến đổi mạch hình sao thành mạch tam giác hoặc mạch tam giác thành mạch hình sao:*

- Biến đổi mạch hình sao thành mạch tam giác:

$$\begin{cases} R_{12} = \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2+R_3} \\[2ex] R_{13} = \dfrac{R_1R_3}{R_1+R_2+R_3} \\[2ex] R_{23} = \dfrac{R_2R_3}{R_1+R_2+R_3} \end{cases}$$



- Biến đổi mạch tam giác thành mạch hình sao:

$$\begin{cases} R_1 = R_{12}+R_{13}+\dfrac{R_{12}R_{13}}{R_{23}} \\[2ex] R_2 = R_{21}+R_{23}+\dfrac{R_{21}R_{23}}{R_{13}} \\[2ex] R_3 = R_{31}+R_{32}+\dfrac{R_{31}R_{32}}{R_{12}} \end{cases}$$

+ Các đoạn mạch có số điện trở vô cùng nhiều: Lúc này điện trở tương đương của mạch sẽ không phụ thuộc vào số lượng mắc xích nên có thể coi điện trở tương đương của cả mạch (n mắc xích) bằng điện trở tương đương của mạch gồm (n–1) mắc xích: $R_n = R_{n-1}$, từ đó tính được R_n.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI – ĐIỆN TRỞ – ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH

1. DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

5.1. Một dòng điện không đổi có I = 4,8A chạy qua một dây kim loại tiết diện thẳng $S = 1cm^2$. Tính:

a) Số êlectrôn qua tiết diện thẳng của dây trong 1s.

b) Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của êlectrôn.

Biết mật độ êlectrôn tự do $n = 3.10^{28}m^{-3}$.

Bài giải

a) Số êlectrôn qua tiết diện thẳng của dây trong 1s

Ta có: $I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} \Rightarrow n = \frac{It}{e} = \frac{4{,}8.1}{1{,}6.10^{-19}} = 3.10^{19}$

Vậy: Số êlectrôn qua tiết diện thẳng của dây trong 1s là $n = 3.10^{19}$.

b) Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của êlectrôn

Ta có: Mật độ dòng điện: $i = \frac{I}{S} = nqv$

$$\Rightarrow v = \frac{I}{nqS} = \frac{4,8}{3.10^{28}.1,6.10^{-19}.10^{-4}} = 10^{-5}\ \text{m/s} = 0,01\ \text{mm/s}.$$

Vậy Vận tốc trung bình của chuyển động định hướng của êlectrôn là $v = 0,01\text{mm/s}$.

5.2. Trong khoảng thời gian 10s, dòng điện qua dây dẫn tăng đều từ $I_1 = 1A$ đến $I_2 = 4A$. Tính cường độ dòng điện trung bình và điện lượng qua dây trong thời gian trên.

Bài giải

Cường độ dòng điện trung bình: $I = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{1+4}{2} = 2,5\ A$

Điện lượng qua dây trong thời gian trên: $q = It = 2,5.10 = 25\ C$.

5.3. Tụ phẳng không khí có bản cực hình vuông cạnh a = 20cm, khoảng cách d = 2mm, nối với nguồn U = 500V. Đưa một tấm thủy tinh có chiều dày d' = 2mm, hằng số điện môi ε = 9 vào tụ với vận tốc không đổi v = 10cm/s. Tìm cường độ dòng điện trong mạch trong thời gian đưa tấm điện môi vào tụ. Cường độ này có thay đổi trong thời gian nói trên không?

Bài giải

– Điện dung của tụ trước khi đưa tấm thủy tinh vào:

$$C = \frac{\varepsilon S}{k.4\pi\ d} = \frac{S}{k.4\pi\ d} = \frac{a^2}{k.4\pi\ d}.$$

– Điện dung của tụ khi đưa tấm thủy tinh có bề dày d' = d vào:

$$C' = \frac{\varepsilon\ S}{k.4\pi\ d} = \frac{9S}{k.4\pi\ d} = \frac{9a^2}{k.4\pi\ d}$$

– Quãng đường đưa tấm thủy tinh vào tụ: s = a.

– Thời gian đưa tấm thủy tinh vào tụ: $\Delta t = \frac{s}{v} = \frac{a}{v} = \frac{20}{10} = 2\ s$.

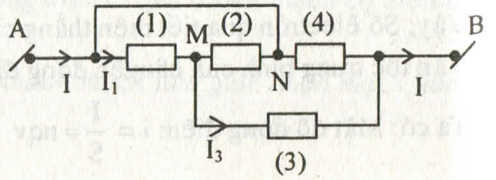
– Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{U(C' - C)}{\Delta t}$

$$\Rightarrow I = \frac{U.8a^2}{k.4\pi\ d.\Delta\ t} = \frac{8.500.0,2^2}{9.10^9.4\pi\ .2.10^{-3}.2} = 3,54.10^{-7}\ A.$$

– Vì tấm thủy tinh chuyển động đều nên I không đổi.

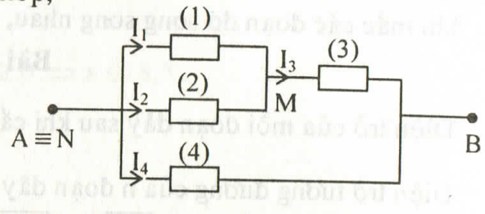
Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là $I = 3,54.10^{-7}\ A = \text{const}$.

5.4. Bốn vật dẫn được nối bằng các dây dẫn như hình vẽ. Biết $U_{AB} = 12V$; $U_{AM} = 8V$; $I = 6A$; $I_1 = 3A$; $I_3 = 5A$. Chiều của I, I_1, I_3 được cho như hình. Tìm cường độ dòng điện và hiệu điện thế trên mỗi vật dẫn còn lại. Cho biết các điểm trên cùng một dây dẫn sẽ có cùng điện thế.



Bài giải

– Mạch điện được vẽ lại như sau:



– Theo tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song:

Ta có: $U_{AB} = 12\ V$; $U_{AM} = 8\ V$.

$I = 6\ A$; $I_1 = 3\ A$; $I_3 = 5\ A$.

$\Rightarrow I_2 = I_3 - I_1 = 5 - 3 = 2\ A$.

$I_4 = I - I_3 = 6 - 5 = 1\ A$.

$U_{NM} = U_{AM} = 8\ V$; $U_{NB} = U_{AB} = 12\ V$; $U_{MB} = U_{AB} - U_{AM} = 12 - 8 = 4\ V$.

2. ĐIỆN TRỞ TƯƠNG ĐƯƠNG

5.5. Một tụ phẳng, chất điện môi giữa hai bản tụ có hằng số điện môi ε và điện trở suất ρ. Điện dung của tụ là C. Tính điện trở của điện môi giữa hai bản tụ.

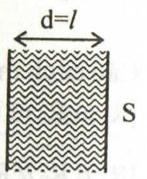
Bài giải

Ta có:

+ Điện trở của điện môi: $R = \rho\frac{l}{S}$ (1)

+ Điện dung của tụ phẳng: $C = \frac{\varepsilon S}{k.4\pi\ d}$ (2)

+ Khoảng cách giữa 2 bản tụ điện bằng chiều dài điện trở của tụ điện: $d = l$.



– Từ (2) suy ra: $\frac{d}{S} = \frac{l}{S} = \frac{\varepsilon}{4\pi\ kC}$ (3)

– Thế (3) vào (1), ta được: $R = \frac{\rho\varepsilon}{4\pi\ k.C} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0\rho}{C}$, với $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi\ k} = \frac{10^{-9}}{36\pi}$.

Vậy: Điện trở của điện môi giữa hai bản tụ là $R = \frac{\varepsilon\varepsilon_0\rho}{C}$.

5.6. Hai dây dẫn, khi mắc nối tiếp có điện trở lớn gấp 6,25 lần khi mắc song song. Tính tỉ số điện trở của hai dây.

Bài giải

Ta có: $R_1 + R_2 = 6,25.\frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow \left(R_1 + R_2\right)^2 - 6,25R_1R_2 = 0$

$\Leftrightarrow R_1^2 + 2R_1R_2 + R_2^2 - 6,25R_1R_2 = 0 \Leftrightarrow R_1^2 - 4,25R_1R_2 + R_2^2 = 0$

$\Leftrightarrow \left(R_1 - 2,125R_2\right)^2 = \left(1,875R_2\right)^2 \Leftrightarrow R_1 - 2,125R_2 = 1,875R_2$

$\Rightarrow R_1 = 4R_2$ (loại giá trị âm) $\Rightarrow \dfrac{R_1}{R_2} = 4$.

Vậy: Tỉ số điện trở của hai dây là $\dfrac{R_1}{R_2} = 4$.

5.7. Dây dẫn có điện trở R = 144Ω. Phải cắt dây ra bao nhiêu đoạn bằng nhau để khi mắc các đoạn đó song song nhau, điện trở tương đương là 4Ω?

Bài giải

Điện trở của mỗi đoạn dây sau khi cắt là: $R_0 = \dfrac{R}{n}$.

Điện trở tương đương của n đoạn dây giống nhau mắc song song là:

$$R_{td} = \frac{R_0}{n} = \frac{R}{n^2} \Rightarrow n = \sqrt{\frac{R}{R_{td}}} = \sqrt{\frac{144}{4}} = 6.$$

Vậy: Phải cắt dây dẫn thành 6 đoạn bằng nhau.

5.8. Ba điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$. Hỏi có bao nhiêu cách mắc các điện trở này với nhau? Tìm điện trở tương đương trong mỗi trường hợp.

Bài giải

Các cách mắc 3 điện trở R_1, R_2, R_3 là:

- $[R_1 \text{ nt } R_2 \text{ nt } R_3]$: $R_{td} = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 2 + 3 = 6\Omega$.
- $[R_1 // R_2 // R_3]$: $\dfrac{1}{R_{td}} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3} = \dfrac{1}{1} + \dfrac{1}{2} + \dfrac{1}{3} = \dfrac{11}{6} \Rightarrow R_{td} = \dfrac{6}{11} \approx 0{,}55\Omega$.
- $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3)]$: $R_{td} = R_1 + \dfrac{R_2R_3}{R_2 + R_3} = 1 + \dfrac{2.3}{2+3} = 2{,}2\Omega$.
- $[R_1 // (R_2 \text{ nt } R_3)]$: $R_{td} = \dfrac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = \dfrac{1.(2+3)}{1+2+3} = \dfrac{5}{6} \approx 0{,}83\Omega$.
- $[R_2 \text{ nt } (R_1 // R_3)]$: $R_{td} = R_2 + \dfrac{R_1R_3}{R_1 + R_3} = 2 + \dfrac{1.3}{1+3} = 2{,}75\Omega$.
- $[R_2 // (R_1 \text{ nt } R_3)]$: $R_{td} = \dfrac{R_2(R_1 + R_3)}{R_2 + R_1 + R_3} = \dfrac{2.(1+3)}{2+1+3} \approx 1{,}33\Omega$.
- $[R_3 \text{ nt } (R_1 // R_2)]$: $R_{td} = R_3 + \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = 3 + \dfrac{1.2}{1+2} \approx 3{,}67\Omega$.
- $[R_3 // (R_1 \text{ nt } R_2)]$: $R_{td} = \dfrac{R_3(R_1 + R_2)}{R_3 + R_1 + R_2} = \dfrac{3.(1+2)}{3+1+2} = 1{,}5\Omega$.

Vậy: Có 8 cách mắc 3 điện trở R_2, R_1, R_3 như trên.

5.9. Có hai loại điện trở $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$. Hỏi phải cần mỗi loại mấy cái để khi ghép nối tiếp, chúng có điện trở tương đương là 55Ω?

Bài giải

Gọi x là số điện trở R_1, y là số điện trở R_2 cần dùng: x, y nguyên, dương.

- Điện trở tương đương khi hệ ghép nối tiếp: $R_{td} = 3x + 5y = 55$

$$\Rightarrow y = \frac{55 - 3x}{5} = 11 - 0{,}6x$$

- Vì y nguyên, dương nên: $11 - 0{,}6x \geq 0 \Rightarrow x \leq 18{,}3$.

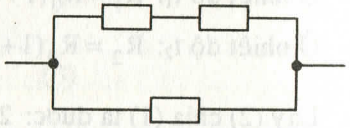
+ $x = 0 \Rightarrow y = 11$
+ $x = 5 \Rightarrow y = 8$
+ $x = 10 \Rightarrow y = 5$
+ $x = 15 \Rightarrow y = 2$.

Vậy: Có 4 phương án chọn các điện trở R_1, R_2 để khi ghép nối tiếp điện trở tương đương của chúng là 55 Ω gồm:

+ mạch gồm 11 điện trở R_2 ghép nối tiếp.
+ mạch gồm 5 điện trở R_1 và 8 điện trở R_2 ghép nối tiếp.
+ mạch gồm 10 điện trở R_1 và 5 điện trở R_2 ghép nối tiếp.
+ mạch gồm 15 điện trở R_1 và 2 điện trở R_2 ghép nối tiếp.

5.10. Ba điện trở R_1, R_2, R_3 được mắc theo sơ đồ bên. Biết khi đổi chỗ các điện trở, ta có thể tạo được các mạch có điện trở 2,5Ω; 4Ω; 4,5Ω.

Tính R_1, R_2, R_3.



Bài giải

Vì vai trò của R_1, R_2, R_3 như nhau nên giả sử các cách mắc có điện trở tương đương tương ứng là:

+ $[(R_1 \text{ nt } R_2) // R_3]$: $R_{td} = \dfrac{(R_1 + R_2).R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 2{,}5$ (1)

+ $[(R_1 \text{ nt } R_3) // R_2]$: $R_{td} = \dfrac{(R_1 + R_3).R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 4$ (2)

+ $[(R_2 \text{ nt } R_3) // R_1]$: $R_{td} = \dfrac{(R_2 + R_3).R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = 4{,}5$ (3)

- Từ (1) $\Leftrightarrow R_1R_3 + R_2R_3 = 2{,}5.(R_1 + R_2 + R_3)$ (4)
- Từ (2) $\Leftrightarrow R_1R_2 + R_2R_3 = 4.(R_1 + R_2 + R_3)$ (5)
- Từ (3) $\Leftrightarrow R_1R_2 + R_1R_3 = 4{,}5.(R_1 + R_2 + R_3)$ (6)

- Lấy (5) – (4) $\Rightarrow R_1R_2 - R_1R_3 = 1,5.(R_1 + R_2 + R_3)$ (7)
- Lấy (7) + (6) $\Rightarrow 2R_1R_2 = 6.(R_1 + R_2 + R_3)$

$$R_1R_2 = 3.(R_1 + R_2 + R_3) \quad (8)$$

- Thay (8) vào (5) $\Rightarrow R_2R_3 = R_1 + R_2 + R_3$ (9)
- Thay (8) vào (6) $\Rightarrow R_1R_3 = 1,5(R_1 + R_2 + R_3)$(10)
- Lấy (8) chia (9): $\dfrac{R_1}{R_3} = 3 \Rightarrow R_3 = \dfrac{R_1}{3}$ (11)
- Lấy (10) chia (9): $\dfrac{R_1}{R_2} = 1,5 \Rightarrow R_2 = \dfrac{R_1}{1,5}$ (12)
- Thay (11) và (12) vào (8), ta được: $R_1.\dfrac{R_1}{1,5} = 3.(R_1 + \dfrac{R_1}{1,5} + \dfrac{R_1}{3})$

$$\Rightarrow R_1 = 4,5.(1 + \frac{1}{1,5} + \frac{1}{3}) = 9\Omega;\ R_2 = \frac{R_1}{1,5} = \frac{9}{1,5} = 6\Omega;\ R_3 = \frac{R_1}{3} = \frac{9}{3} = 3\Omega.$$

Vậy: Giá trị của các điện trở là 3Ω; 6Ω và 9Ω.

5.11. Tìm hệ số nhiệt điện trở của dây dẫn biết ở nhiệt độ $t_1 = 20^0C$, dây có điện trở $R_1 = 100\Omega$; ở nhiệt độ $t_2 = 2400^0C$, dây có điện trở $R_2 = 200\Omega$.

Bài giải

- Ở nhiệt độ t_1: $R_1 = R_0(1 + \alpha t_1) \Leftrightarrow 100 = R_0(1 + \alpha.20)$ (1)
- Ở nhiệt độ t_2: $R_2' = R_0(1 + \alpha t_2) \Leftrightarrow 200 = R_0(1 + \alpha.2400)$ (2)
- Lấy (2) chia (1) ta được: $2 = \dfrac{1 + 2400\alpha}{1 + 20\alpha}$

$\Leftrightarrow 2 + 40\alpha = 1 + 2400\alpha \Leftrightarrow 2360\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 4,24.10^{-4}$(độ$^{-1}$).

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở của chất làm dây dẫn là $\alpha = 4,24.10^{-4}$(độ$^{-1}$).

5.12. Hai dây dẫn có hệ số nhiệt điện trở α_1, α_2 ở 0^0C có điện trở R_{01}, R_{02}. Tìm hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc:

a) Nối tiếp. b) Song song.

Bài giải

- Điện trở của hai dây dẫn ở nhiệt độ t: $R_1 = R_{01}(1 + \alpha_1 t)$; $R_2 = R_{02}(1 + \alpha_2 t)$. (với $\alpha_1 t$, $\alpha_2 t$ << 1)
- Gọi R_0 là điện trở chung của hai dây dẫn ở 0^0C; α là hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây dẫn. Điện trở chung của hai dây dẫn ở nhiệt độ t là:

$R = R_0(1 + \alpha t)$ (1)

a) Khi mắc nối tiếp: $R = R_1 + R_2 = R_{01}(1 + \alpha_1 t) + R_{02}(1 + \alpha_2 t)$

$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2)t$

$$\Rightarrow R = (R_{01} + R_{02})\left[1 + \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}t\right] \quad (2)$$

- Từ (1) và (2) suy ra: $\alpha = \dfrac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}$.

b) Khi mắc song song:

$$R = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_{01}(1 + \alpha_1 t).R_{02}(1 + \alpha_2 t)}{R_{01}(1 + \alpha_1 t) + R_{02}(1 + \alpha_2 t)}$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01}.R_{02}(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t)}{R_{01} + R_{02} + R_{01}\alpha_1 t + R_{02}\alpha_2 t)} = \frac{R_{01}.R_{02}}{R_{01} + R_{02}}.\frac{(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t)}{1 + \dfrac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}t}$$

- Với α_1, α_2 << 1, ta có các công thức gần đúng:

$$(1 + \varepsilon_1)(1 + \varepsilon_2) \approx 1 + \varepsilon_1 + \varepsilon_2;\ \frac{1 + \varepsilon_1}{1 + \varepsilon_2} \approx 1 + \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

nên $(1 + \alpha_1 t)(1 + \alpha_2 t) \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t$

$$\Rightarrow \frac{1 + (\alpha_1 + \alpha_2)t}{1 + \dfrac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}t} \approx 1 + (\alpha_1 + \alpha_2 - \frac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}})t \approx 1 + \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}t$$

$$\Rightarrow R = \frac{R_{01}.R_{02}}{R_{01} + R_{02}}\left[1 + \frac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}t\right] \quad (3)$$

- Từ (1) và (3) suy ra: $\alpha = \dfrac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

Vậy: Hệ số nhiệt điện trở chung của hai dây khi chúng mắc nối tiếp là $\alpha = \dfrac{R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2}{R_{01} + R_{02}}$; khi chúng mắc song song là $\alpha = \dfrac{R_{01}\alpha_2 + R_{02}\alpha_1}{R_{01} + R_{02}}$.

5.13. Một thanh than ($\rho_1 = 4.10^{-5}\Omega m$; $\alpha_1 = -0,8.10^{-3}K^{-1}$) và một thanh sắt ($\rho_2 = 1,2.10^{-6}\Omega m$; $\alpha_2 = 6.10^{-3}K^{-1}$) cùng tiết diện, mắc nối tiếp. Tìm tỉ số chiều dài hai thanh để điện trở của mạch không phụ thuộc nhiệt độ.

Bài giải

- Điện trở của thanh than và thanh sắt ở nhiệt độ t:

$R_1 = R_{01}(1 + \alpha_1 t)$; $R_2 = R_{02}(1 + \alpha_2 t)$

- Khi hai thanh mắc nối tiếp thì điện trở tương đương của hai thanh là:

$R = R_1 + R_2 = (R_{01} + R_{02}) + (R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2)t$

– Để R không phụ thuộc vào nhiệt độ thì: $(R_{01}\alpha_1 + R_{02}\alpha_2) = 0 \Rightarrow R_{01}\alpha_1 = -R_{02}\alpha_2$

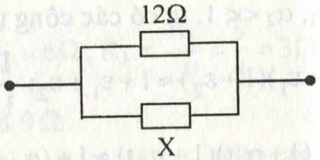
Mà: $R_{01} = \rho_1\dfrac{l_1}{S}$; $R_{02} = \rho_2\dfrac{l_2}{S} \Rightarrow \rho_1\dfrac{l_1}{S}.\alpha_1 = -\rho_2\dfrac{l_2}{S}.\alpha_2$

$$\Rightarrow \frac{l_1}{l_2} = -\frac{\rho_2\alpha_2}{\rho_1\alpha_1} = +\frac{1{,}2.10^{-7}.6.10^{-3}}{4.10^{-5}.0{,}8.10^{-3}} = \frac{9}{400} \approx \frac{1}{44}.$$

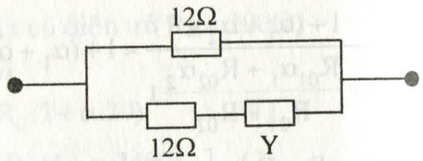
Vậy: Để điện trở của mạch không phụ thuộc vào nhiệt độ thì tỉ số chiều dài hai thanh phải bằng $\dfrac{l_1}{l_2} \approx \dfrac{1}{44}$.

5.14. Có một số điện trở giống nhau, mỗi điện trở có giá trị R = 12Ω. Tìm số điện trở ít nhất và cách mắc để có điện trở tương đương bằng 7,5Ω.

Bài giải

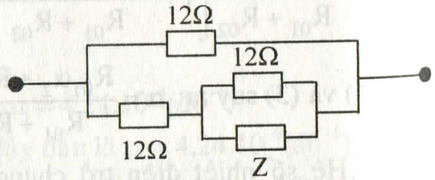


– Để có điện trở 7,5Ω phải mắc song song với điện trở 12Ω một điện trở X mà: $\dfrac{1}{X} + \dfrac{1}{12} = \dfrac{1}{7{,}5} \Rightarrow X = 20\Omega$



– Để có điện trở 20Ω phải mắc nối tiếp với điện trở 12Ω một điện trở Y mà:

Y + 12 = 20 ⇒ Y = 8Ω

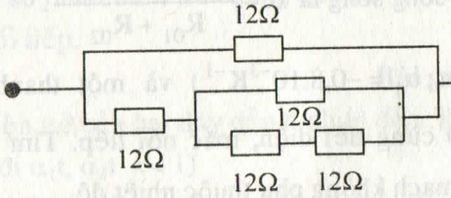


– Để có điện trở 8Ω phải mắc song song với điện trở 12Ω một điện trở Z mà:

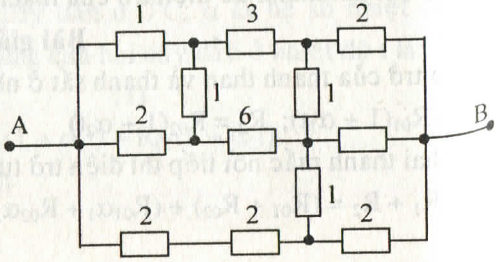
$\dfrac{1}{Z} + \dfrac{1}{12} = \dfrac{1}{8} \Rightarrow Z = 24\Omega$

– Để có điện trở 24Ω phải mắc nối tiếp với điện trở 12Ω một điện trở 12Ω nữa.

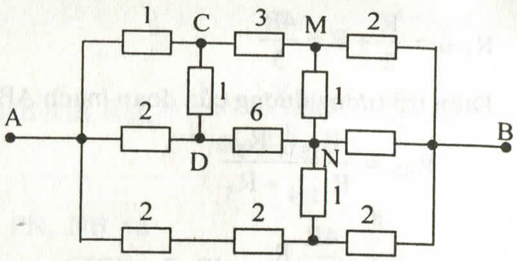
Vậy: Số điện trở tối thiểu là 5 điện trở và được mắc như sau:



5.15. Có 12 điện trở được ghép thành mạch như hình vẽ. Các giá trị được cho bằng ôm (Ω). Tính điện trở tương đương của mạch điện.



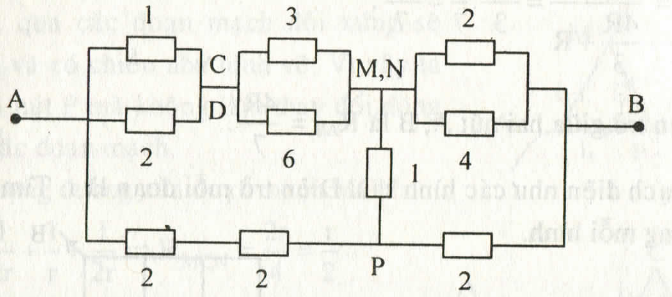
Bài giải



– Vì 1.6 = 2.3 ⇒ Mạch cầu cân bằng nên điểm C chập điểm D.

– Vì 3.4 = 2.6 ⇒ Mạch cầu cân bằng nên điểm M chập điểm N.

– Mạch điện được vẽ lại như sau:



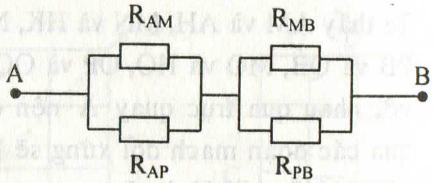
Ta có: $R_{AC} = \dfrac{1.2}{1+2} = \dfrac{2}{3}\Omega$; $R_{CM} = \dfrac{3.6}{3+6} = 2\Omega$.

$R_{AM} = \dfrac{2}{3} + 2 = \dfrac{8}{3}\Omega$; $R_{MB} = \dfrac{2.4}{2+4} = \dfrac{4}{3}\Omega$.

$R_{AP} = 2 + 2 = 4\,\Omega$.

$\Rightarrow R_{AM}.R_{PB} = R_{AP}.R_{MB} \Rightarrow$ mạch cầu cân bằng.

– Mạch điện được vẽ lại như sau:

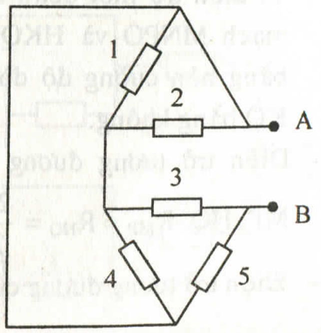


$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{R_{AM}.R_{AP}}{R_{AM}+R_{AP}} + \frac{R_{MB}.R_{PB}}{R_{MB}+R_{PB}}$$

$$\Rightarrow R_{AB} = \frac{\frac{8}{3}.4}{\frac{8}{3}+4} + \frac{\frac{4}{3}.2}{\frac{4}{3}+2} = 2{,}4\Omega.$$

Vậy: Điện trở tương đương của mạch điện là $R_{AB} = 2{,}4\,\Omega$.

5.16. Các điện trở trong mạch có sơ đồ như hình bên đều có cùng giá trị R. Tính điện trở giữa hai nút A và B.



Bài giải

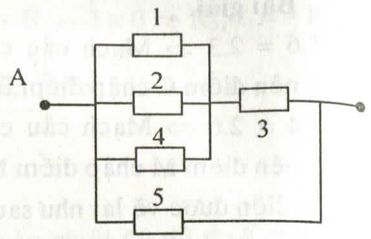
– Mạch điện được vẽ lại như sau:

– Điện trở tương đương của điện trở 1, 2, 4: $R_{124} = \dfrac{R}{3}$

– Điện trở tương đương của điện trở 1, 2, 3, 4:

$R_{1234} = \frac{R}{3} + R = \frac{4R}{3}$

– Điện trở tương đương của đoạn mạch AB:

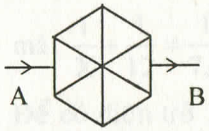


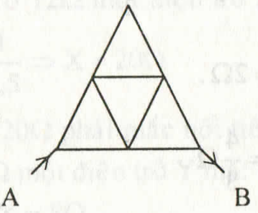
$$R_{AB} = \frac{R_{1234}.R_5}{R_{1234} + R_5}$$

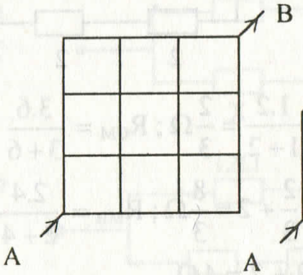
$$R_{AB} = \frac{\frac{4R}{3}.R}{\frac{4R}{3} + R} = \frac{4R}{3}.\frac{3}{7} = \frac{4R}{7}.$$

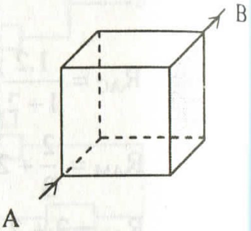
Vậy: Điện trở giữa hai nút A, B là $R_{AB} = \frac{4R}{7}$.

5.17. Cho mạch điện như các hình sau. Điện trở mỗi đoạn là r. Tìm điện trở toàn mạch trong mỗi hình.





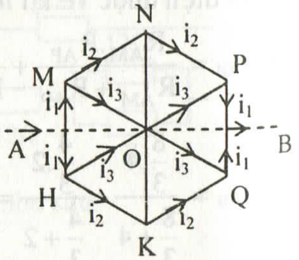




Bài giải

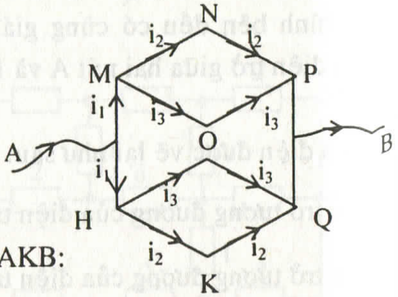
a) Hình 1:

– Ta thấy AM và AH, MN và HK, NP và KQ, PB và QB, MO và HO, OP và OQ đối xứng với nhau qua trục quay Δ nên dòng điện qua các đoạn mạch đối xứng sẽ bằng nhau và có chiều như hình vẽ.



– Vì vậy ta có thể nhả nút O mà không làm thay đổi dòng điện qua các đoạn mạch:

– Vì điện trở mỗi đoạn bằng nhau nên đoạn mạch MNPO và HKQO là mạch cầu cân bằng nên cường độ dòng điện qua NO và KO bằng không.



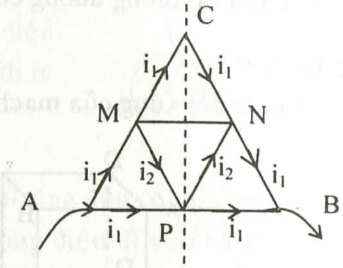
– Điện trở tương đương của đoạn mạch MP, HQ: $R_{MP} = R_{HQ} = \frac{2r}{2} = r$

– Điện trở tương đương của đoạn mạch ANB, AKB:

$R_{ANB} = R_{AKB} = \frac{r}{2} + r + \frac{r}{2} = 2r$

– Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = \frac{R_{ANB}.R_{AKB}}{R_{ANB} + R_{AKB}} = \frac{2r}{2} = r$

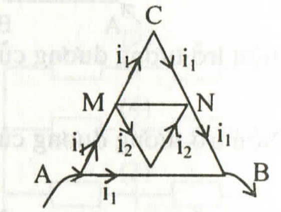
b) Hình 2:



– Đoạn mạch CM và CN, MP và PN, NB và AM, AP và BP đối xứng nhau qua trục CP nên dòng điện qua các đoạn mạch đối xứng sẽ bằng nhau và có chiều như hình vẽ. Vì vậy ta có thể nhả nút P mà không làm thay đổi dòng điện qua các đoạn mạch.

– Điện trở tương đương của đoạn mạch MCN:

$$\frac{1}{R_{MCN}} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{2r} \Rightarrow R_{MCN} = \frac{2r}{4} = \frac{r}{2}$$



– Điện trở tương đương của đoạn mạch ACB:

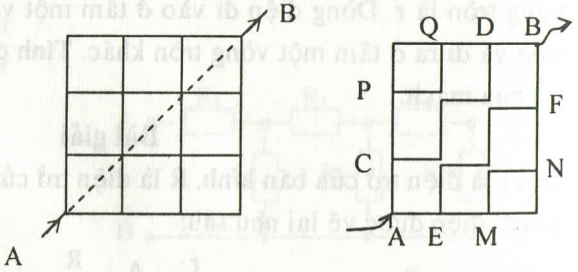
$$R_{ACB} = r + R_{MCN} + r = \frac{5r}{2} = 2{,}5r$$

– Điện trở tương đương của cả đoạn mạch AB:

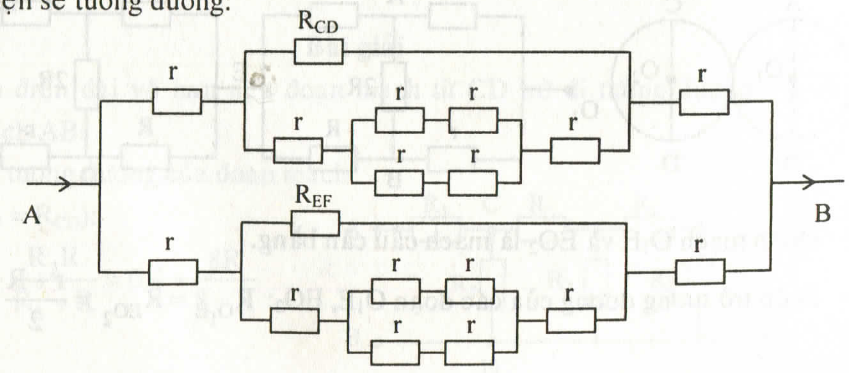
$$R_{AB} = \frac{2{,}5r.2r}{2{,}5r + 2r} = \frac{10r}{9}.$$

c) Hình 3:

– Vì lí do đối xứng, ta nhả các nút như hình vẽ:



– Mạch điện sẽ tương đương:



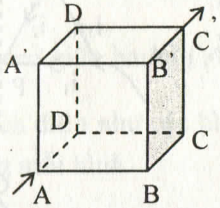
+ Điện trở tương đương của đoạn CD: $R_{CD} = 4r$.
+ Điện trở tương đương của nửa phía trên:

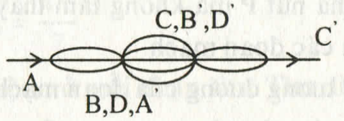
$$R_1 = r + \frac{R_{CD}.3r}{R_{CD} + 3r} + r = r + \frac{4r.3r}{4r + 3r} + r = \frac{26}{7}r$$

+ Điện trở tương đương của toàn mạch: $R_{AB} = \frac{26r}{7.2} = \frac{13r}{7}$.

d) Hình 4:

– Vì lí do đối xứng của mạch, ta chập các nút: B, D, A’; C, B’, D’.



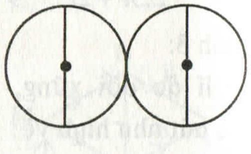


– Điện trở tương đương của đoạn AB: $R_{AB} = \frac{r}{3}$.

– Điện trở tương đương của đoạn BC: $R_{BC} = \frac{r}{6}$.

– Điện trở tương đương của toàn mạch: $R_{AC'} = \frac{r}{3} + \frac{r}{6} + \frac{r}{3} = \frac{5r}{6}$.

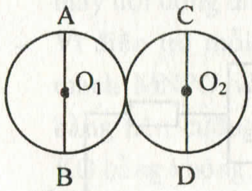
5.18. Cho mạch điện như hình, dây có tiết diện đều, điện trở của đoạn dây có chiều dài bằng bán kính vòng tròn là r. Dòng điện đi vào ở tâm một vòng tròn và đi ra ở tâm một vòng tròn khác. Tính điện trở của mạch.

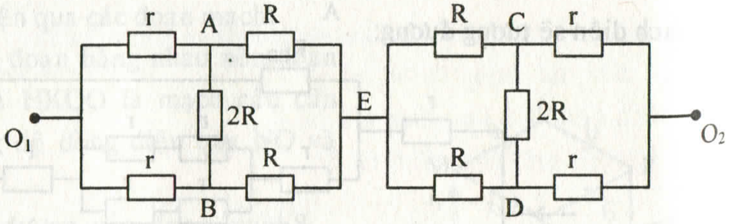


Bài giải

Gọi r là điện trở của bán kính, R là điện trở của 1/4 đường tròn.

– Mạch điện được vẽ lại như sau:





– Đoạn mạch O_1E và EO_2 là mạch cầu cân bằng.

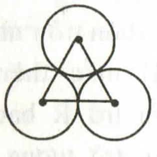
– Điện trở tương đương của các đoạn O_1E, EO_2: $R_{O_1E} = R_{EO_2} = \frac{r + R}{2}$.

– Điện trở tương đương của đoạn O_1O_2: $R_{O_1O_2} = R_{O_1E} + R_{EO_2} = 2\frac{r + R}{2} = r + R$.

– Ta có: $R = \frac{2\pi r}{4} = 1,57r \Rightarrow R_{O_1O_2} = r + 1,57r = 2,57r$.

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R_{O_1O_2} = 2,57r$.

✦ *Tương tự*, bạn đọc hãy tính điện trở của mạch điện sau khi dòng điện đi vào ở tâm một vòng tròn và đi ra ở tâm một vòng tròn khác.



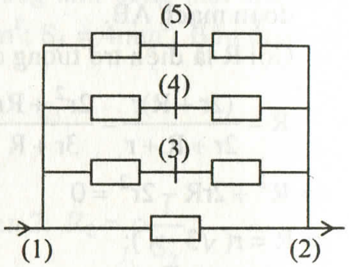
(*Kết quả*: **R = 1,1r**).

5.19. Một mạch điện có 5 nút. Giữa hai nút bất kì nào cũng đều có mắc một điện trở r. Tính điện trở tương đương của mạch nếu dòng điện đi vào và đi ra tại hai nút bất kì. Xét trường hợp tổng quát mạch có N nút.

Bài giải

Giả sử dòng điện vào nút 1 và ra nút 2:

– Khi giữa các cặp nút 3 và 4, 3 và 5, 4 và 5 có điện trở r thì cường độ dòng điện vẫn không qua các điện trở này vì cầu cân bằng. Mạch điện được vẽ lại như sau:

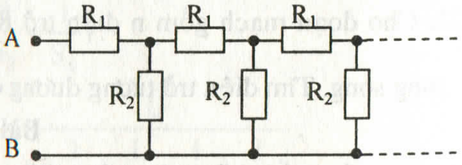


– Điện trở tương đương của toàn mạch:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} = \frac{5}{2r} \Rightarrow R = \frac{2r}{5}.$$

– Nếu mạch có N nút thì: $R = \frac{2r}{N}$.

5.20. Cho mạch điện như hình bên $R_1 = 0,4\Omega$; $R_2 = 8\Omega$, số ô điện trở là vô tận. Tìm điện trở tương đương của mạch.

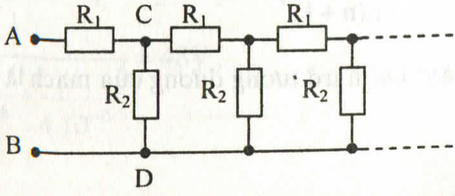


Bài giải

– Vì mạch điện dài vô hạn nên đoạn mạch từ CD trở đi tương đương với cả đoạn mạch AB.

– Gọi R là tương đương của đoạn mạch ($R = R_{AB} = R_{CD}$):

$$R = R_1 + \frac{R_2R}{R_2 + R} = 0,4 + \frac{8R}{8 + R}$$

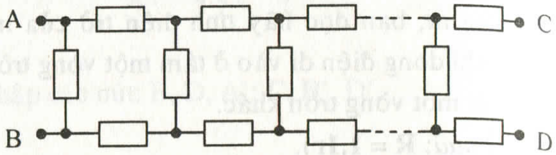


$\Rightarrow 8R + R^2 = 3{,}2 + 8{,}4R \Rightarrow R^2 - 0{,}4R - 3{,}2 = 0$

$\Rightarrow R = 2\Omega;\ R' = -\dfrac{8}{5}\Omega$ (loại).

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R = 2\Omega$.

5.21. Mạch điện cấu tạo bằng các điện trở r như hình vẽ. Phải mắc thêm vào CD điện trở R bao nhiêu để điện trở tương đương của mạch AB không phụ thuộc vào số ô điện trở?

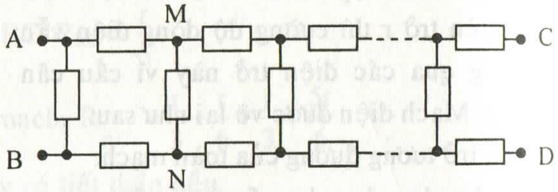


Bài giải

– Do mạch điện dài vô hạn nên đoạn mạch từ MN trở đi tương đương với cả đoạn mạch AB.

– Gọi R là điện trở tương đương của đoạn mạch:

$R = \dfrac{(2r + R)r}{2r + R + r} = \dfrac{2r^2 + Rr}{3r + R}$



$\Leftrightarrow R^2 + 2rR - 2r^2 = 0$

$\Rightarrow R = r(\sqrt{3} - 1)$;

$R = -r(\sqrt{3} + 1) < 0$ (loại).

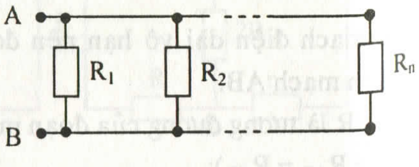
Vậy: Để R_{AB} không phụ thuộc vào số ô điện trở phải mắc thêm vào CD điện trở $R = r(\sqrt{3} - 1)$.

5.22. Cho đoạn mạch gồm n điện trở $R_1 = 1\Omega$; $R_2 = \dfrac{1}{2}\Omega$; ….$R_n = \dfrac{1}{n}\Omega$ mắc song song. Tìm điện trở tương đương của mạch.

Bài giải

Ta có: $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \ldots + \dfrac{1}{R_n} = 1 + 2 + \ldots + n$

$= \dfrac{n(n + 1)}{2}$.



$\Rightarrow R = \dfrac{2}{n(n + 1)}$.

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R = \dfrac{2}{n(n + 1)}$.

---

3. ĐOẠN MẠCH NỐI TIẾP, SONG SONG

5.23. Cuộn dây đồng ($\rho = 1{,}75.10^{-8}\Omega m$) có n = 1000 vòng, đường kính mỗi vòng là d = 6cm. Mật độ dòng điện cho phép qua cuộn dây i = 2A/mm^2. Tìm hiệu điện thế lớn nhất có thể đặt vào cuộn dây.

Bài giải

Cường độ dòng điện cho phép qua cuộn dây: $I = iS = 2.10^6.\pi r^2$.

Điện trở của cuộn dây đồng: $R = \rho\dfrac{l}{S} = \rho\dfrac{n\pi d}{S} = \rho\dfrac{n\pi d}{\pi r^2}$.

Hiệu điện thế lớn nhất đặt vào cuộn dây: $U_{max} = IR = 2.10^6.\pi r^2.\rho\dfrac{n\pi d}{\pi r^2}$.

$\Rightarrow U_{max} = 2.10^6.1{,}75.10^{-8}.1000.\pi.0{,}06 \approx 6{,}6$ V.

Vậy: Hiệu điện thế lớn nhất có thể đặt vào cuộn dây là $U_{max} \approx 6{,}6$ V.

5.24. Đoạn mạch gồm 4 đoạn dây cùng độ dài, cùng làm bằng một chất, diện tích tiết diện: $S_1 = 1mm^2$; $S_2 = 2mm^2$; $S_3 = 3mm^2$; $S_4 = 4mm^2$. Bốn đoạn dây mắc nối tiếp vào nguồn U = 100V.

Tính hiệu điện thế trên mỗi đoạn dây.

Bài giải

Điện trở của đoạn 1: $R_1 = \rho\dfrac{l}{S_1}$; điện trở của đoạn 2: $R_2 = \rho\dfrac{l}{S_2}$.

Điện trở của đoạn 3: $R_3 = \rho\dfrac{l}{S_3}$; điện trở của đoạn 4: $R_4 = \rho\dfrac{l}{S_4}$.

Điện trở tương đương của đoạn mạch:

$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = \rho l(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})$.

Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{U}{\rho l(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})}$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 1:

$U_1 = IR_1 = \dfrac{U}{\rho l(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})}.\dfrac{\rho l}{S_1} = \dfrac{U}{S_1(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})}$

$\Rightarrow U_1 = \dfrac{100}{10^{-6}.(\dfrac{1}{10^{-6}} + \dfrac{1}{2.10^{-6}} + \dfrac{1}{3.10^{-6}} + \dfrac{1}{4.10^{-6}})} = 48V$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 2: $U_2 = IR_2 = \dfrac{U}{S_2(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})}$

Vì $S_2 = 2S_1 \Rightarrow U_2 = \dfrac{U_1}{2} = \dfrac{48}{2} = 24\text{ V}$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 3:

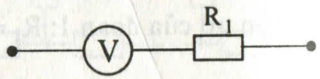
$$U_3 = IR_3 = \frac{U}{S_3(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})} = \frac{U_1}{3} = 16\text{ V}.$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn 4:

$$U_4 = IR_4 = \frac{U}{S_4(\dfrac{1}{S_1} + \dfrac{1}{S_2} + \dfrac{1}{S_3} + \dfrac{1}{S_4})} = \frac{U_1}{4} = 12\text{ V}.$$

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai đầu các đoạn dây là $U_1 = 48$ V; $U_2 = 24$ V; $U_3 = 16$ V và $U_4 = 12$ V.

5.25. Vôn kế V được mắc vào mạch điện có U = 220V. Khi mắc nối tiếp V với $R_1 = 15k\Omega$ thì V chỉ $U_1 = 70V$. Khi mắc nối tiếp V với R_2 thì V chỉ $U_2 = 20V$. Tính R_2.



Bài giải

Hiệu điện thế giữa hai đầu vôn kế khi mắc với R_1:

$$U_{V_1} = I_1R_V = \frac{U}{R_1 + R_V}.R_V \Leftrightarrow 70 = \frac{220}{15000 + R_V}.R_V \Rightarrow R_V = 7000\Omega.$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu vôn kế khi mắc với R_2:

$$U_{V_2} = I_2R_V = \frac{U}{R_2 + R_V}.R_V$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{UR_V}{U_{V_2}} - R_V = \frac{220.7000}{20} - 7000 = 70000\Omega = 70k\Omega.$$

Vậy: Giá trị của R_2 là $R_2 = 70k\Omega$.

5.26. Hai điện trở R_1, R_2 mắc vào hiệu điện thế U = 12V. Lần đầu R_1, R_2 mắc song song, dòng điện mạch chính $I_s = 10A$. Lần sau R_1, R_2 mắc nối tiếp, dòng điện trong mạch $I_n = 2{,}4A$. Tìm R_1, R_2.

Bài giải

Điện trở tương đương của đoạn mạch khi:

+ $[R_1 // R_2]$: $R_s = \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{U}{I_s}$

$$\Rightarrow \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12}{10} = 1{,}2 \quad (1)$$

+ $[R_1 \text{ nt } R_2]$: $R_n = R_1 + R_2 = \dfrac{U}{I_n}$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 = \frac{12}{2{,}4} = 5 \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được: $R_1R_2 = 1{,}2.5 = 6$ (3)

Từ (2) suy ra: $R_2 = 5 - R_1$ (4)

Thay (4) vào (3) ta được: $R_1.(5 - R_1) = 6$

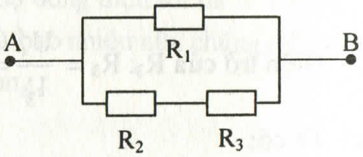
$$\Leftrightarrow R_1^2 - 5R_1 + 6 = 0 \Rightarrow \left[\begin{array}{l} R_1 = 3\Omega \\ R_1 = 2\Omega \end{array}\right.; \left[\begin{array}{l} R_2 = 2\Omega \\ R_2 = 3\Omega \end{array}\right.$$

Vậy: Có hai giá trị của R_1 và R_2 là

$(R_1 = 3\,\Omega;\ R_2 = 2\,\Omega)$ hoặc $(R_1 = 2\,\Omega;\ R_2 = 3\,\Omega)$.

5.27. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 15\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, cường độ qua mạch chính I = 2A.

Tìm cường độ dòng điện qua từng điện trở.



Bài giải

Điện trở tương đương của R_2 và R_3: $R_{23} = R_2 + R_3 = 15 + 5 = 20\Omega$.

Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = \dfrac{R_1R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \dfrac{12.20}{12 + 20} = 7{,}5\Omega$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch AB: $U_{AB} = IR_{AB} = 2.7{,}5 = 15V$.

Cường độ dòng điện qua điện trở R_1: $I_1 = \dfrac{U_{AB}}{R_1} = \dfrac{15}{12} = 1{,}25A$.

Cường độ dòng điện qua điện trở R_2, R_3: $I_2 = I_3 = \dfrac{U_{AB}}{R_{23}} = \dfrac{15}{20} = 0{,}75A$.

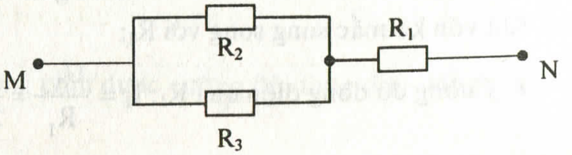
Vậy: Cường độ dòng điện qua các điện trở là $I_1 = 1{,}25A$; $I_2 = I_3 = 0{,}75A$.

5.28. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $U_{MN} = 18V$, cường độ dòng điện qua R_2 là $I_2 = 2A$. Tìm:

a) R_1 nếu $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$.

b) R_3 nếu $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 1\Omega$.

c) R_2 nếu $R_1 = 5\Omega$, $R_3 = 3\Omega$.



Bài giải

a) Ta có:

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₂: $U_2 = I_2R_2 = 2.6 = 12V$.

Cường độ dòng điện qua R₃: $I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{12}{3} = 4A$.

Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = I_2 + I_3 = 2 + 4 = 6A$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₁: $U_1 = U_{MN} - U_2 = 18 - 12 = 6V$.

Điện trở của R₁: $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{6}{6} = 1\Omega$.

b) Ta có:

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₂: $U_2 = I_2R_2 = 2.1 = 2V$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₁: $U_1 = U_{MN} - U_2 = 18 - 2 = 16V$.

Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{16}{3}$ A.

Cường độ dòng điện qua R₃: $I_3 = I - I_2 = \frac{16}{3} - 2 = \frac{10}{3}$ A.

Điện trở của R₃: $R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{2}{10}.3 = 0,6\Omega$.

c) Ta có:

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₂: $U_2 = I_2R_2 = 2R_2$.

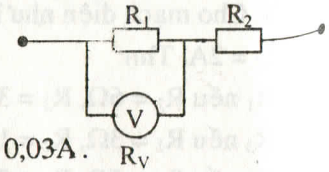
Cường độ dòng điện qua R₃: $I_3 = \frac{U_2}{R_3} = \frac{2R_2}{3}$.

Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = I_2 + I_3 = 2 + \frac{2R_2}{3}$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu R₁: $U_1 = U - U_2 = I_1R_1$.

$$\Leftrightarrow 18 - 2R_2 = \left(2 + \frac{2R_2}{3}\right).5 \Leftrightarrow 9 - R_2 = 5 + \frac{5R_2}{3} \Leftrightarrow \frac{5R_2}{3} + R_2 = 4 \Rightarrow R_2 = 1,5\Omega.$$

5.29. Hai điện trở $R_1 = 2000\Omega$, $R_2 = 3000\Omega$ mắc nối tiếp với nguồn U = 180V (không đổi). Vôn kế V mắc song song với R₁, chỉ 60V. Tìm số chỉ của vôn kế đó khi mắc song song với R₂.



Bài giải

– Khi vôn kế mắc song song với R₁:

+ Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = \frac{U_{V1}}{R_1} = \frac{60}{2000} = 0,03A$.

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu R₂: $U_2 = U - U_{V1} = 180 - 60 = 120V$.

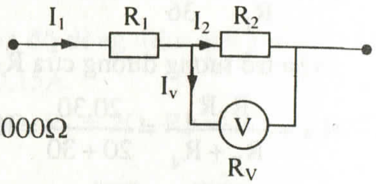
+ Cường độ dòng điện qua R₂: $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{120}{3000} = 0,04A$.

(Ta thấy $I_2 \neq I_1$ nên vôn kế có điện trở R_V hữu hạn).

+ Cường độ dòng điện qua R_V: $I_{V1} = I_2 - I_1 = 0,04 - 0,03 = 0,01A$.

+ Điện trở của vôn kế: $R_V = \frac{U_{V1}}{I_{V1}} = \frac{60}{0,01} = 6000\Omega$.

– Khi vôn kế mắc song song với R₂:



+ Điện trở tương đương của toàn mạch:

$$R' = R_1 + \frac{R_2R_V}{R_2 + R_V} = 2000 + \frac{3000.6000}{3000 + 6000} = 4000\Omega$$

+ Cường độ dòng điện qua R₁: $I' = \frac{U}{R'} = \frac{180}{4000} = 0,045A$.

+ Hiệu điện thế giữa hai đầu R₂: $U'_2 = U - U'_1 = 180 - 0,045.2000 = 90V$.

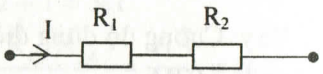
Vậy: Số chỉ của vôn kế khi mắc song song với R₂ là $U'_2 = 90V$.

5.30. Hai điện trở $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 4\Omega$ chịu được cường độ dòng điện tối đa là 1A và 1,2A. Hỏi bộ hai điện trở chịu được cường độ tối đa là bao nhiêu nếu chúng mắc:

a) Nối tiếp. b) Song song.

Bài giải

a) Hai điện trở mắc nối tiếp



Khi R₁ mắc nối tiếp với R₂: $\begin{cases} I \le I_1 \\ I \le I_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I \le 1A \\ I \le 1,2A \end{cases}$

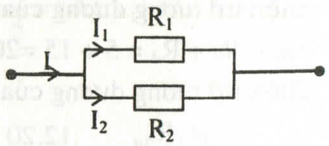
Vậy: Bộ hai điện trở mắc nối tiếp chịu được cường độ dòng điện tối đa là $I_{max} = 1A$.

b) Hai điện trở mắc song song

– Khi R₁ mắc song song với R₂: $I = I_1 + I_2 = I_1 + \frac{R_1I_1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}I_1$

$\Rightarrow I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}I = \frac{4}{6+4}I = 0,4I \le 1$ (1)

và $I_2 = I - I_1 = 0,6I \le 1,2$ (2)

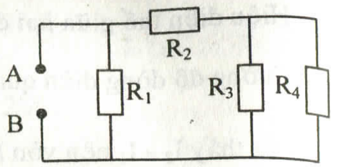


– Từ (1) và (2) suy ra: $\begin{cases} I \le 2,5A \\ I \le 2A \end{cases}$.

Vậy: Bộ hai điện trở mắc song song chịu được cường độ dòng điện tối đa là $I_{max} = 2A$.

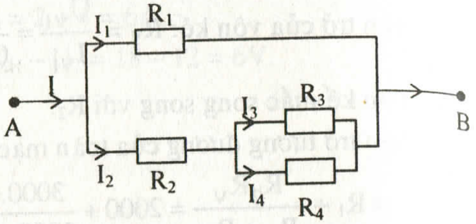
5.31. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = 36\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $U_{AB} = 54V$.

Tìm cường độ dòng điện qua từng điện trở.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



Cường độ dòng điện qua R_1:

$$I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{54}{36} = 1,5A$$

Điện trở tương đương của R_3, R_4:

$$R_{34} = \frac{R_3R_4}{R_3 + R_4} = \frac{20.30}{20+30} = 12\Omega$$

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_{234}} = \frac{U_{AB}}{R_2 + R_{34}} = \frac{54}{12+12} = 2,25A$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở R_3 và R_4:

$U_{34} = U_3 = U_4 = I_2R_{34} = 2,25.12 = 27V$.

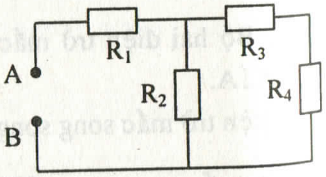
Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{27}{20} = 1,35A$.

Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{27}{30} = 0,9A$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua các điện trở là $I_1 = 1,5A$; $I_2 = 2,25A$; $I_3 = 1,35A$ và $I_4 = 0,9A$.

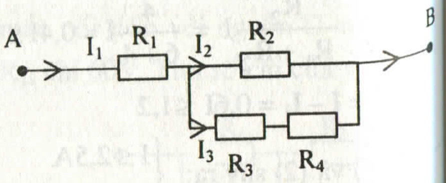
5.32. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = 22,5\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 5\Omega$, $R_4 = 15\Omega$, $U_{AB} = 12V$.

Tính điện trở tương đương của mạch và cường độ qua từng điện trở.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



Điện trở tương đương của R_3 và R_4:

$R_{34} = R_3 + R_4 = 5 + 15 = 20\Omega$

Điện trở tương đương của R_2, R_3 và R_4:

$$R_{234} = \frac{R_2R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{12.20}{12+20} = 7,5\Omega$$

Điện trở tương đương của đoạn mạch AB:

$R_{AB} = R_1 + R_{234} = 22,5 + 7,5 = 30\Omega$

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{12}{30} = 0,4A$.

Hiệu điện thế giữa hai đầu R_2: $U_2 = I_1R_{234} = 0,4.7,5 = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{3}{12} = 0,25A$.

Cường độ dòng điện qua R_3, R_4: $I_3 = I_4 = \frac{U_2}{R_{34}} = \frac{3}{20} = 0,15A$.

Vậy: Điện trở tương đương của mạch và cường độ dòng điện qua các điện trở là $R_{AB} = 30\Omega$; $I_1 = 0,4A$, $I_2 = 0,25A$, $I_3 = I_4 = 0,15A$.

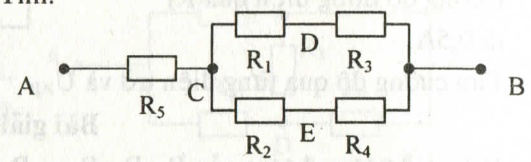
5.33. Cho đoạn mạch như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_4 = 1\Omega$, $R_5 = 4\Omega$, cường độ qua mạch chính $I = 3A$. Tìm:

a) U_{AB}.

b) Hiệu điện thế hai đầu mỗi điện trở.

c) U_{AD}, U_{ED}.

d) Nối D, E bằng tụ điện $C = 2\mu F$. Tìm điện tích của tụ.



Bài giải

a) Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B:

Điện trở tương đương của R_1, R_3: $R_{13} = R_1 + R_3 = 3 + 3 = 6\Omega$.

Điện trở tương đương của R_2, R_4: $R_{24} = R_2 + R_4 = 2 + 1 = 3\Omega$.

Điện trở tương đương của đoạn mạch CB: $R_{CB} = \frac{R_{13}.R_{24}}{R_{13} + R_{24}} = \frac{6.3}{6+3} = 2\Omega$.

Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_5 + R_{CB} = 4 + 2 = 6\Omega$.

Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch AB: $U_{AB} = IR_{AB} = 3.6 = 18V$.

b) Hiệu điện thế hai đầu mỗi điện trở

Hiệu điện thế hai đầu R_5: $U_5 = IR_5 = 3.4 = 12V$.

Hiệu điện thế hai đầu CB: $U_{CB} = IR_{CB} = 3.2 = 6V$.

Cường độ dòng điện qua R_1, R_3: $I_1 = I_3 = \frac{U_{CB}}{R_{13}} = \frac{6}{6} = 1A$.

Hiệu điện thế hai đầu R_1: $U_1 = I_1R_1 = 1.3 = 3V$.

Hiệu điện thế hai đầu R_3: $U_3 = I_3R_3 = 1.3 = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_2, R_4: $I_2 = I_4 = \frac{U_{CB}}{R_{24}} = \frac{6}{3} = 2A$.

Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_2 = I_2R_2 = 2.2 = 4V$.

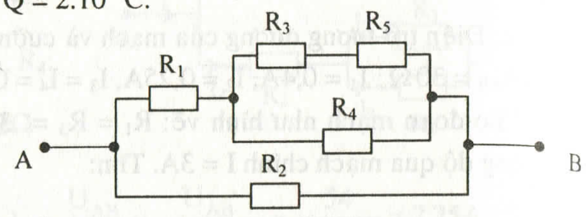
Hiệu điện thế hai đầu R_4: $U_4 = I_4R_4 = 2.1 = 2V$.

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu các điện trở là
$U_1 = 3V$; $U_2 = 4V$; $U_3 = 3V$; $U_4 = 2V$ và $U_5 = 12V$.

c) Hiệu điện thế hai đầu các đoạn mạch A, D; E, D:
Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} = U_5 + U_1 = 12 + 3 = 15V$.
Hiệu điện thế hai đầu E, D: $U_{ED} = U_{EB} + U_{BD} = U_4 - U_3 = 2 - 3 = -1V$.

d) Điện tích của tụ điện
Ta có: $Q = CU = 2.10^{-6}.1 = 2.10^{-6}$ C.
Vậy: Điện tích của tụ điện là $Q = 2.10^{-6}C$.

5.34. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 3\Omega$, $R_5 = 4\Omega$. Cường độ dòng điện qua R_3 là 0,5A.
Tìm cường độ qua từng điện trở và U_{AB}.



Bài giải

Điện trở tương đương của R_3, R_5: $R_{35} = R_3 + R_5 = 2 + 4 = 6\Omega$.

Hiệu điện thế hai đầu R_{35}: $U_{35} = U_4 = I_3R_{35} = 0,5.6 = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_3, R_5: $I_3 = I_5 = 0,5A$.

Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = \dfrac{U_4}{R_4} = \dfrac{3}{3} = 1A$.

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = I_3 + I_4 = 0,5 + 1 = 1,5A$.

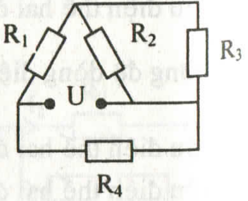
Hiệu điện thế hai đầu R_1: $U_1 = I_1R_1 = 1,5.10 = 15V$.

Hiệu điện thế hai đầu AB: $U_{AB} = U_1 + U_{35} = 15 + 3 = 18V$.

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R_2} = \dfrac{18}{6} = 3A$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua từng điện trở và U_{AB} là
$I_1 = 1,5A$, $I_2 = 3A$, $I_3 = I_5 = 0,5A$, $I_4 = 1A$ và $U_{AB} = 18V$.

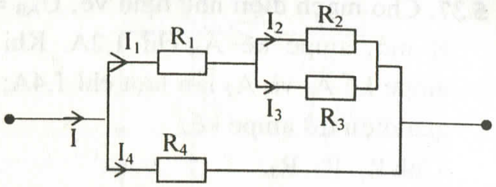
5.35. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 18\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$, cường độ qua nguồn $I = 0,5A$, hiệu điện thế hai đầu R_3 là $U_3 = 2,4V$.
Tính R_4.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \dfrac{U_3}{R_3} = \dfrac{2,4}{30} = 0,08A$



Cường độ dòng điện qua R_2:

$I_2 = \dfrac{U_3}{R_2} = \dfrac{2,4}{20} = 0,12A$

Cường độ dòng điện qua R_1:
$I_1 = I_2 + I_3 = 0,12 + 0,08 = 0,2A$.

Hiệu điện thế hai đầu R_1: $U_1 = I_1R_1 = 0,2.18 = 3,6V$.

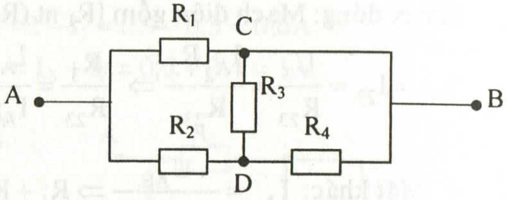
Hiệu điện thế hai đầu cả đoạn mạch: $U = U_1 + U_3 = 3,6 + 2,4 = 6V$.

Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = I - I_1 = 0,5 - 0,2 = 0,3A$.

$\Rightarrow R_4 = \dfrac{U_4}{I_4} = \dfrac{6}{0,3} = 20\Omega$.

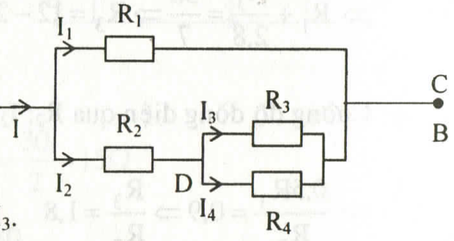
Vậy: Giá trị điện trở $R_4 = 20\Omega$.

5.36. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 10\Omega$, dòng điện qua CB có cường độ là 3A. Tìm U_{AB}.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



Áp dụng qui tắc nút mạng, tại C ta có:

$I_{CB} = I_1 + I_3 = 3$ (1)

mà: $I_1 = \dfrac{U_{AB}}{R_1} = \dfrac{U_{AB}}{15}$ (2)

Hiệu điện thế hai đầu R_3: $U_3 = I_3R_3 = 10I_3$.

Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = \dfrac{U_3}{R_4} = \dfrac{10I_3}{10} = I_3$.

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = I_3 + I_4 = 2I_3 = \dfrac{U_{AB}}{R_{234}}$.

Điện trở tương đương của R_2, R_3, R_4: $R_{234} = R_2 + \dfrac{R_3R_4}{R_3 + R_4} = 10 + 5 = 15\Omega$.

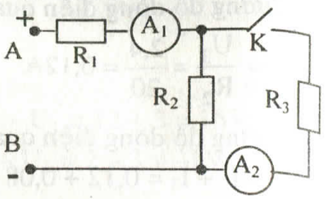
$\Rightarrow I_2 = 2I_3 = \dfrac{U_{AB}}{15} \Rightarrow I_3 = \dfrac{U_{AB}}{30}$ (3)

Thay (2) và (3) vào (1): $\dfrac{U_{AB}}{15} + \dfrac{U_{AB}}{30} = 3 \Rightarrow U_{AB} = 30V$.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là $U_{AB} = 30V$.

5.37. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 6V$. Khi K mở, ampe kế A_1 chỉ 1,2A. Khi K đóng, ampe kế A_1 và A_2 lần lượt chỉ 1,4A; 0,5A. Bỏ qua điện trở ampe kế.

Tính R_1, R_2, R_3.



Bài giải

Khi K mở: Mạch điện gồm R_1 và R_2 mắc nối tiếp:

$$I_{A_1} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_1 + R_2 = \frac{6}{1,2} = 5\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 5 - R_1 \qquad (1)$$

Khi K đóng: Mạch điện gồm $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3)]$:

$$I_{A_1} = I_{23} = \frac{U_3}{R_{23}} = \frac{I_{A_2}R_3}{R_{23}} \Rightarrow \frac{R_3}{R_{23}} = \frac{I_{A_1}}{I_{A_2}} = \frac{1,4}{0,5} = 2,8 \Rightarrow R_{23} = \frac{R_3}{2,8}$$

+ Mặt khác: $I_{A_1} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_{23}} \Rightarrow R_1 + R_{23} = \frac{U_{AB}}{I_{A_1}} = \frac{6}{1,4} = \frac{30}{7}$

$$\Rightarrow R_1 + \frac{R_3}{2,8} = \frac{30}{7} \Rightarrow R_3 = 12 - 2,8R_1 \qquad (2)$$

+ Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \frac{I_{A_2}R_3}{R_2} = I_{A_1} - I_{A_2} = 1,4 - 0,5 = 0,9A$.

$$\Rightarrow \frac{0,5R_3}{R_2} = 0,9 \Rightarrow \frac{R_3}{R_2} = 1,8 \qquad (3)$$

+ Thay (1) và (2) vào (3), ta được: $12 - 2,8R_1 = 1,8.(5 - R_1)$

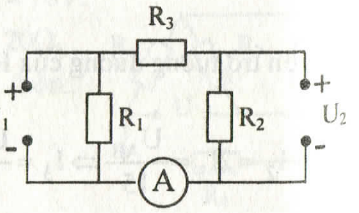
$\Rightarrow 2,8R_1 - 1,8R_1 = 12 - 1,8.5 \Rightarrow R_1 = 3\Omega$.

$\Rightarrow R_2 = 5 - R_1 = 5 - 3 = 2\Omega$.

và $R_3 = 12 - 2,8.3 = 3,6\Omega$.

5.38. Cho mạch điện như hình vẽ, nguồn $U_1 = 3,6V$, $U_2 = 2,4V$, điện trở $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 10\Omega$.

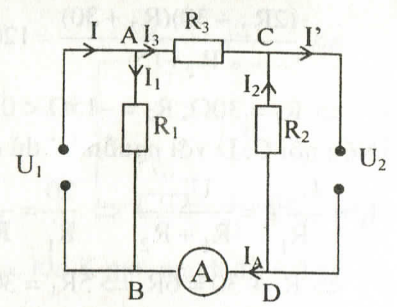
Tính cường độ dòng điện qua ampe kế và mỗi nguồn. Biết điện trở ampe kế rất bé.



Bài giải

Giả sử chiều dòng điện như hình vẽ:

Cường độ dòng điện qua R_1:



$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{3,6}{12} = 0,3A.$$

Cường độ dòng điện qua R_2:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2,4}{6} = 0,4A.$$

Hiệu điện thế hai đầu R_3:

$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 3,6 + 2,4 = 6V$.

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \frac{U_{AC}}{R_3} = \frac{6}{10} = 0,6A$.

Cường độ dòng điện qua nguồn U_1: $I = I_1 + I_3 = 0,3 + 0,6 = 0,9A$.

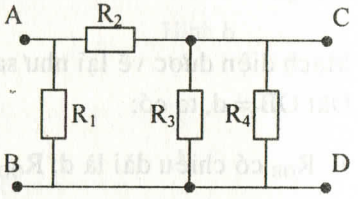
Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I - I_1 = 0,9 - 0,3 = 0,6A$.

Cường độ dòng điện qua nguồn U_2: $I' = I_A + I_2 = 0,6 + 0,4 = 1A$.

5.39. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_4 = R_2$.

- Nếu nối A, B với nguồn U = 120V thì $I_3 = 2A$, $U_{CD} = 30V$.
- Nếu nối C, D với nguồn $U' = 120V$ thì $U'_{AB} = 20V$.

Tìm R_1, R_2, R_3.



Bài giải

Nếu nối A, B với nguồn U thì: $R_3 = \frac{U_{CD}}{I_3} = \frac{30}{2} = 15\Omega$.

Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = \frac{U_{CD}}{R_4} = \frac{30}{R_2}$.

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = I_3 + I_4 = 2 + \frac{30}{R_2}$.

Điện trở tương đương của R_2, R_3, R_4: $R_{234} = R_2 + \frac{R_3R_4}{R_3 + R_4} = R_2 + \frac{15R_2}{15 + R_2}$.

Ta có: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_{234}} \Leftrightarrow 2 + \frac{30}{R_2} = \frac{120}{R_2 + \frac{15R_2}{15 + R_2}}$

$$\Leftrightarrow \frac{(2R_2 + 30)}{R_2} \cdot \frac{(15R_2 + R_2^2 + 15R_2)}{15 + R_2} = 120$$

$$\Leftrightarrow \frac{(2R_2+30)(R_2+30)}{R_2+15} = 120 \Rightarrow R_2^2 - 15R_2 - 450 = 0$$

$\Rightarrow R_2 = 30\Omega$; $R_2 = -15\Omega < 0$ (loại).

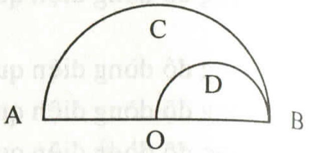
Nếu nối C, D với nguồn U' thì cường độ dòng điện qua R_1:

$$I_1 = \frac{U'_{AB}}{R_1} = \frac{U'_{CD}}{R_1+R_2} \Leftrightarrow \frac{20}{R_1} = \frac{120}{R_1+30}$$

$\Leftrightarrow R_1 + 30 = 6R_1 \Rightarrow 5R_1 = 30 \Rightarrow R_1 = 6\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở là $R_1 = 6\Omega$; $R_2 = 30\Omega$; $R_3 = 15\Omega$.

5.40. Các đoạn dây đồng chất, tiết diện như nhau có dạng thẳng và bán nguyệt được nối như hình vẽ. Dòng điện đi vào ở A và đi ra ở B. Tính tỉ số cường độ dòng điện qua hai đoạn dây bán nguyệt.



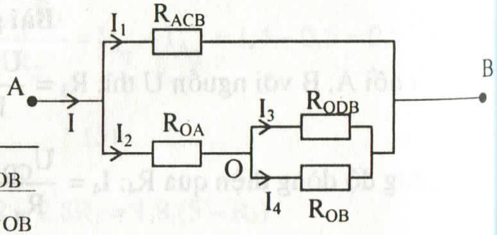
Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau: Ta có: $R_{OA} = R_{OB} = R$

Đặt OB = d, ta có:

+ R_{OB} có chiều dài là d; R_{ODB} có chiều dài là $\frac{\pi d}{2} \Rightarrow R_{ODB} = \frac{\pi R}{2}$.

+ R_{ACB} có chiều dài là $\pi d \Rightarrow R_{ABC} = \pi d$.



$$\Rightarrow I_1 = \frac{U}{R_{ACB}} = \frac{U}{\pi R} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{U}{R_{AOB}} = \frac{U}{R_{AO} + \frac{R_{ODB}.R_{OB}}{R_{ODB}+R_{OB}}}$$

$U_{OB} = I_2R_{OB}$

$$I_3 = \frac{U_{OB}}{R_{ODB}} = \frac{U}{(R + \frac{\frac{\pi R}{2}R}{\frac{\pi R}{2}+R}).\frac{\pi R}{2}}.(\frac{\frac{\pi R}{2}R}{\frac{\pi R}{2}+R})$$

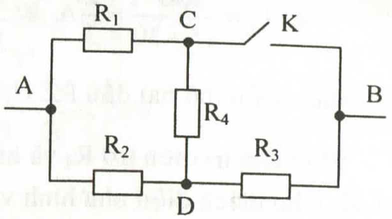
$$\Rightarrow I_3 = \frac{U}{R(\pi+1)} \quad (2)$$

Từ (1) và (2), ta có: $\frac{I_1}{I_3} = \frac{\pi+1}{\pi} = 1{,}318$.

Vậy: Tỉ số cường độ dòng điện qua hai đoạn dây bán nguyệt là 1,318.

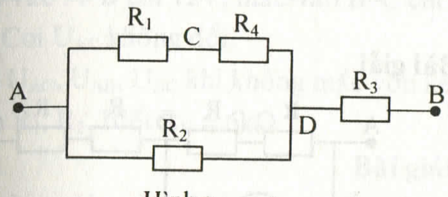
5.41. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 45\Omega$, $R_2 = 90\Omega$, $U_{AB} = 90V$. Khi K mở hoặc đóng, cường độ dòng điện qua R_4 là như nhau.

Tính R_4 và hiệu điện thế hai đầu R_4.

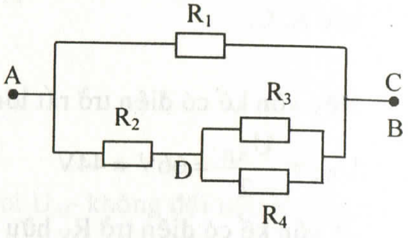


Bài giải

– Khi K đóng, mạch điện được vẽ như hình a; khi K mở, mạch điện được vẽ như hình b:



Hình a



Hình b

– Khi K đóng, ta có:

$$I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2+R_{34}};\ U_{34} = I_2R_{34}$$

$$I_4 = \frac{U_{34}}{R_4} = \frac{I_2R_{34}}{R_4} = \frac{U_{AB}.R_{34}}{(R_2+R_{34})R_4}$$

$$I_4 = \frac{90.\frac{45R_4}{45+R_4}}{R_4(90+\frac{45R_4}{45+R_4})} = \frac{90}{3R_4+90} = \frac{30}{R_4+30} \quad (1)$$

– Khi K mở, ta có: $I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3+R_{124}}$; $U_{AD} = I_3R_{124}$

$$I_4 = \frac{U_{AD}}{R_{14}} = \frac{I_3R_{124}}{R_{14}} = \frac{U_{AB}.R_{124}}{R_{14}(R_3+R_{124})}$$

$$I_4 = \frac{90.\frac{90(45+R_4)}{90+45+R_4}}{(45+R_4)(45+\frac{90(45+R_4)}{90+45+R_4})} = \frac{90^2}{135R_4+10125} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2), ta có: $\frac{30}{R_4+30} = \frac{90^2}{135R_4+10125}$

$\Leftrightarrow 90^2R_4 + 243000 = 4050R_4 + 303750$

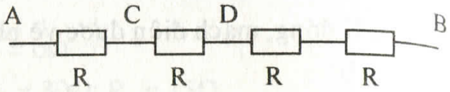
$\Leftrightarrow 4050R_4 = 60750 \Rightarrow R_4 = 15\Omega$.

$$\Rightarrow I_4 = \frac{30}{15+30} = \frac{2}{3}A$$

– Hiệu điện thế hai đầu R_4: $U_4 = I_4R_4 = \frac{2}{3}.15 = 10V$.

Vậy: Giá trị điện trở R_4 và hiệu điện thế hai đầu R_4 là $R_4 = 15\Omega$ và $U_4 = 10V$.

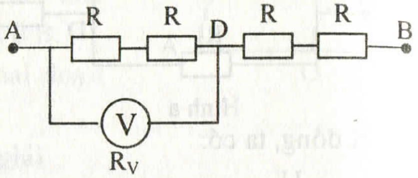
5.42. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 132V$, vôn kế V mắc vào A, D chỉ 44V. Hỏi số chỉ vôn kế đó khi mắc vào A, C.



Bài giải

Nếu vôn kế có điện trở rất lớn thì:

$$U_{AD} = \frac{U_{AB}}{2} = 66V \ne 44V$$



⇒ vôn kế có điện trở R_V hữu hạn.

– Khi mắc vôn kế vào A, D:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AD: $R_{AD} = \frac{2RR_V}{2R+R_V}$

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AB:

$$R_{AB} = R_{AD} + 2R = \frac{2RR_V}{2R+R_V} + 2R = \frac{4R^2+4R.R_V}{2R+R_V} = \frac{4R(R+R_V)}{2R+R_V}$$

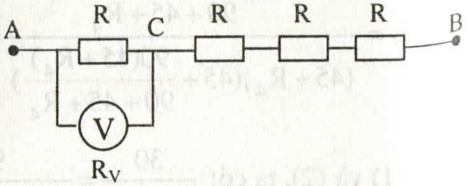
+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{132.(2R+R_V)}{4R.(R+R_V)}$

+ Hiệu điện thế hai đầu A, D:

$$U_{AD} = IR_{AD} = \frac{132.(2R+R_V)}{4R.(R+R_V)}.\frac{2RR_V}{2R+R_V} = \frac{66R_V}{R+R_V}$$

$$\Leftrightarrow 44 = \frac{66R_V}{R+R_V} \Leftrightarrow 44R + 44R_V = 66R_V \Rightarrow R_V = 2R.$$

– Khi mắc vôn kế vào A, C:



+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC:

$$R_{AC} = \frac{RR_V}{R+R_V} = \frac{R.2R}{R+2R} = \frac{2R}{3}$$

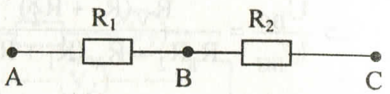
+ Điện trở tương đương đoạn AB: $R_{AB} = R_{AC} + 3R = \frac{2R}{3} + 3R = \frac{11R}{3}$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{132.3}{11R} = \frac{36}{R}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = IR_{AC} = \frac{36}{R}.\frac{2R}{3} = 24V$.

Vậy: Khi mắc vào A, C vôn kế chỉ 24V.

5.43. Cho mạch điện như hình vẽ. Vôn kế (điện trở R_V); mắc vào A–C chỉ 24V; mắc vào A–B chỉ 12V, mắc vào B–C chỉ 8V. Coi U_{AC} không đổi.



a) Tìm U_{AC}, U_{AB}, U_{BC} khi không mắc vôn kế.

b) Tính R_1, R_2. Biết $R_V = 6k\Omega$.

Bài giải

a) Tính U_{AC}, U_{AB}, U_{BC} khi không mắc vôn kế: Coi U_{AC} không đổi nên khi không mắc vôn kế $U_{AC} = 24V$.

– Khi vôn kế mắc vào A, B:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC: $R_{AC} = R_2 + \frac{R_1R_V}{R_1+R_V}$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AC}}{R_{AC}}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu A, B:

$$U_{AB} = IR_{AB} = \frac{U_{AC}}{R_2 + \frac{R_1.R_V}{R_1+R_V}}.\frac{R_1.R_V}{R_1+R_V} = \frac{U_{AC}.R_1.R_V}{R_1R_2+R_V(R_1+R_2)}$$

– Khi không mắc vôn kế vào A, B: $U'_{AB} = IR_1 = \frac{U_{AC}}{R_1+R_2}.R_1$

$$\Rightarrow \frac{U_{AB}}{U'_{AB}} = \frac{R_V(R_1+R_2)}{R_1R_2+R_V(R_1+R_2)} \quad (1)$$

– Khi vôn kế mắc vào B, C:

+ Điện trở tương đương của đoạn mạch AC: $R_{AC} = R_1 + \frac{R_2R_V}{R_2+R_V}$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AC}}{R_{AC}}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu B, C: $U_{BC} = IR_{BC}$.

$$\Rightarrow U_{BC} = \frac{U_{AC}}{R_1 + \frac{R_2.R_V}{R_2 + R_V}} . \frac{R_2.R_V}{R_2 + R_V} = \frac{U_{AC}.R_2.R_V}{R_1R_2 + R_V(R_1 + R_2)}$$

– Khi không mắc vôn kế vào B, C: $U'_{BC} = I.R_2 = \frac{U_{AC}}{R_1 + R_2}R_2$

$$\Rightarrow \frac{U_{BC}}{U'_{BC}} = \frac{R_V(R_1 + R_2)}{R_1R_2 + R_V(R_1 + R_2)} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{U_{AB}}{U'_{AB}} = \frac{U_{BC}}{U'_{BC}}$

$$\Leftrightarrow \frac{12}{U'_{AB}} = \frac{8}{U'_{BC}} \quad (3)$$

– Mặt khác: $U'_{AB} + U'_{BC} = U_{AC} = 24 \Rightarrow U'_{BC} = 24 - U'_{AB}$ (4)

– Thay (4) vào (3), ta được: $\frac{12}{U'_{AB}} = \frac{8}{24 - U'_{AB}}$

$$\Rightarrow 288 - 12U'_{AB} = 8U'_{AB} \Rightarrow U'_{AB} = 14{,}4V.$$

– Hiệu điện thế hai đầu B, C khi không mắc vôn kế: $U'_{BC} = 24 - 14{,}4 = 9{,}6V$

Vậy: Khi không mắc vôn kế thì $U'_{AC} = 24V$, $U'_{AB} = 14{,}4V$ và $U'_{BC} = 9{,}6V$.

b) Giá trị R_1, R_2

Ta có: $U'_{AB} = \frac{U_{AC}R_1}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow 14{,}4 = \frac{24R_1}{R_1 + R_2}$ (5)

$U'_{BC} = \frac{U_{AC}R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow 9{,}6 = \frac{24R_2}{R_1 + R_2}$ (6)

Lấy (5) chia (6) ta được: $\frac{R_1}{R_2} = 1{,}5 \Rightarrow R_1 = 1{,}5R_2$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{U_{AC}.R_1R_V}{R_1R_2 + R_V(R_1 + R_2)}.$$

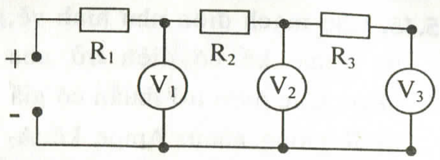
$$\Leftrightarrow 12 = \frac{24.1{,}5R_2.6}{1{,}5R_2^2 + 6.(1{,}5R_2 + R_2)} \Leftrightarrow 1 = \frac{18R_2}{1{,}5R_2^2 + 15R_2}$$

$$\Leftrightarrow 1{,}5R_2^2 + 15 = 18 \Rightarrow R_2 = 2k\Omega,\ R_1 = 3k\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_2 = 2k\Omega$, $R_1 = 3k\Omega$.

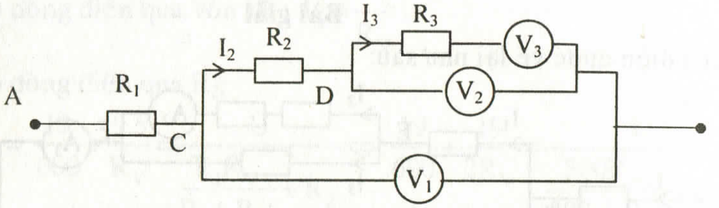
5.44. Cho mạch điện như hình, vôn kế V_1 chỉ 5V, V_3 chỉ 1V. Biết các vôn kế giống nhau và $R_1 = R_2 = R_3$.

Tìm số chỉ của vôn kế V_2.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



– Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \frac{U_{V_3}}{R_V} = \frac{1}{R_V}$.

– Hiệu điện thế hai đầu D, B: $U_{V_2} = I_3(R + R_V) = \frac{R + R_V}{R_V} = \frac{R}{R_V} + 1$ (1)

– Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \frac{U_{V_1}}{R_{CDB}} = \frac{U_{V_1}}{R + R_{DB}}$

– Điện trở tương đương của mạch DB: $R_{DB} = \frac{R_V(R + R_V)}{R_V + R + R_V} = \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V}$.

$$\Rightarrow I_2 = \frac{5}{R + \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V}} = \frac{5}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$$

– Hiệu điện thế hai đầu C, B:

$$U_{V_2} = I_2R_{DB} = \frac{5(2R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} . \frac{R_V(R + R_V)}{R + 2R_V} = \frac{5R_V(R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{R + R_V}{R_V} = \frac{5R_V(R + R_V)}{R^2 + 3RR_V + R_V^2}$

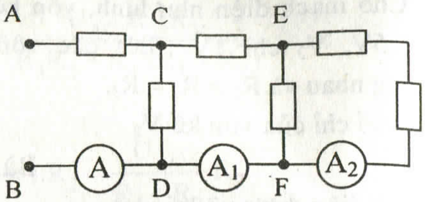
$$\Rightarrow R^2 + 3RR_V - 4R_V^2 = 0 \Rightarrow (R + R_V)^2 + RR_V - 5R_V^2 = 0$$

– Chia hai vế cho R_V^2 ta được: $\frac{(R + R_V)^2}{R_V^2} + \frac{R}{R_V} - 5 = 0$

$$\Leftrightarrow U_{V_2}^2 + U_{V_2} - 1 - 5 = 0 \Leftrightarrow U_{V_2}^2 + U_{V_2} - 6 = 0 \Rightarrow U_{V_2} = 2V;\ U_{V_2} = -3V \text{ (loại)}$$

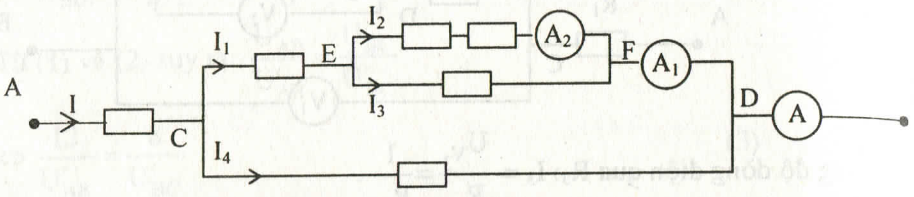
Vậy: Vôn kế V_2 chỉ 2V.

5.45. Cho mạch điện như hình vẽ, ba ampe kế có điện trở như nhau. Các điện trở thuần có giá trị R giống nhau. Ampe kế A_2 chỉ 0,2A. Ampe kế A_1 chỉ 0,8A. Tìm số chỉ ampe kế A.



Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



– Hiệu điện thế hai đầu E, F: $U_{EF} = I_2(2R + R_A)$

– Cường độ dòng điện I_3: $I_3 = \frac{U_{EF}}{R} = \frac{0,2.(2R + R_A)}{R}$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 + I_3 = 0,2 + \frac{0,2.(2R+R_A)}{R} = 0,8 \Rightarrow \frac{2R + R_A}{R} = 3 \Rightarrow \frac{R_A}{R} = 1$$

– Hiệu điện thế hai đầu C, D: $U_{CD} = I_1(R + R_A + R_{EF})$

$$\Leftrightarrow U_{CD} = 0,8.\left[R + R_A + \frac{R.(2R + R_A)}{3R + R_A}\right] = \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{3R + R_A}$$

$$\Rightarrow I_4 = \frac{U_{CD}}{R} = \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R + R_A)} \Rightarrow I = I_1 + I_4 = 0,8 + \frac{4R^2 + 4RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R + R_A)}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{6,4R^2 + 4,8RR_A + 0,8R_A^2}{R(3R + R_A)} = 0,8.\frac{(8R^2 + 6RR_A + R_A^2)}{R(3R + R_A)}$$

$$\Leftrightarrow I = 0,8.\frac{(3R + R_A)^2 - R^2}{0,8R(3R + R_A)} = 0,8.\left(\frac{3R + R_A}{R} - \frac{R}{3R + R_A}\right) \Rightarrow I = 0,8.\left(3+1-\frac{1}{3+1}\right) = 3A$$

Vậy: Ampe kế chỉ 3A.

5.46. Nguồn hiệu điện thế U không đổi, một vôn kế và hai điện trở $R_1 = 300\Omega$, $R_2 = 225\Omega$ mắc vào nguồn.

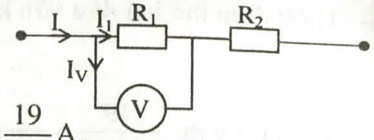
a) R_1 nối tiếp R_2, vôn kế mắc vào hai đầu R_1 chỉ 9,5V. Tìm số chỉ vôn kế nếu mắc vào hai đầu R_2.

b) R_1 song song R_2, cả hai mắc nối tiếp với vôn kế. Tìm số chỉ của vôn kế.

c) R_1, R_2, vôn kế nối tiếp nhau, vôn kế chỉ 12V. Tìm số chỉ vôn kế khi R_1, R_2, vôn kế mắc song song.

Bài giải

a) Số chỉ vôn kế khi mắc vào hai đầu R_2



– Nếu vôn kế mắc vào R_1:

+ Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \frac{U_V}{R_1} = \frac{9,5}{300} = \frac{19}{600}A$.

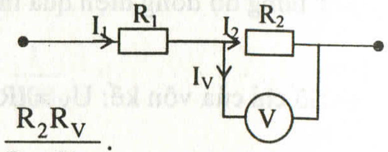
+ Cường độ dòng điện qua vôn kế : $I_V = \frac{U_V}{R_V}$.

+ Cường độ dòng điện qua R_2:

$$I = I_1 + I_V = \frac{19}{600} + \frac{9,5}{R_V} = \frac{U}{\frac{R_1R_V}{R_1 + R_V} + R_2} \Leftrightarrow \frac{19}{600} + \frac{19}{2R_V} = \frac{U}{\frac{300R_V}{300 + R_V} + 225}$$

$$\Leftrightarrow \frac{19}{600} + \frac{19}{2R_V} = \frac{U(300 + R_V)}{525R_V + 67500} \Leftrightarrow \frac{19}{2}\left(\frac{1}{300} + \frac{1}{R_V}\right) = \frac{U(300 + R_V)}{525R_V + 67500}$$

$$\Leftrightarrow \frac{19}{600R_V} = \frac{U}{525R_V + 67500} \quad (1)$$



– Nếu vôn kế mắc vào R_2: Tương tự, ta có:

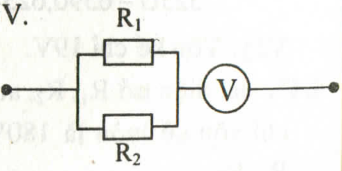
+ Điện trở tương đương toàn mạch: $R = R_1 + \frac{R_2R_V}{R_2 + R_V}$.

+ Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \frac{U}{R} = \frac{U}{300 + \frac{225R_V}{225 + R_V}}$.

+ Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_{V_2} = I_1.\frac{R_2R_V}{R_2 + R_V} \Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{U}{300 + \frac{225R_V}{225 + R_V}}.\frac{225R_V}{225 + R_V}$

$$\Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{U}{525R_V + 67500}.225R_V \Leftrightarrow U_{V_2} = \frac{19}{600R_V}.225R_V = 7,125V.$$

Vậy: Số chỉ vôn kế khi mắc vào hai đầu R_2 là 7,125V.



b) Số chỉ của vôn kế

– Điện trở tương đương toàn mạch:

$$R = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} + R_V = \frac{300.225}{300 + 225} + R_V = \frac{900}{7} + R_V$$

– Cường độ dòng điện qua vôn kế: $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\frac{900}{7} + R_V}$.

– Hiệu điện thế hai đầu vôn kế: $U_V = IR_V = \dfrac{UR_V}{\dfrac{900}{7} + R_V}$ (2)

– Từ (1) suy ra: $\dfrac{19}{600R_V} = \dfrac{U}{525(R_V + \dfrac{900}{7})}$

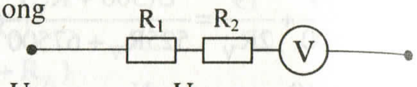
$$\Rightarrow \frac{U}{\dfrac{900}{7} + R_V} = \frac{9975}{600R_V} \quad (3)$$

– Thay (3) vào (2), ta được: $U_V = R_V\dfrac{9975}{600R_V} = 16{,}625V$.

Vậy: Số chỉ vôn kế là 16,625V.

c) Số chỉ vôn kế khi R_1, R_2, vôn kế mắc song song

– Khi [R_1 nt R_2 nt R_V]:



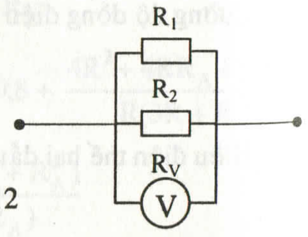
+ Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{U}{R_1 + R_2 + R_V} = \dfrac{U}{525 + R_V}$

+ Số chỉ của vôn kế: $U_V = IR_V = \dfrac{U}{525 + R_V}.R_V = 12V$ (4)

– Khi [R_1 // R_2 // R_V]: Số chỉ của vôn kế là U:

+ Từ (3) suy ra: $U = \dfrac{4275}{2R_V} + \dfrac{9975}{600}$.

$$\Rightarrow R_V = \frac{2137{,}5}{U - 16{,}625}$$

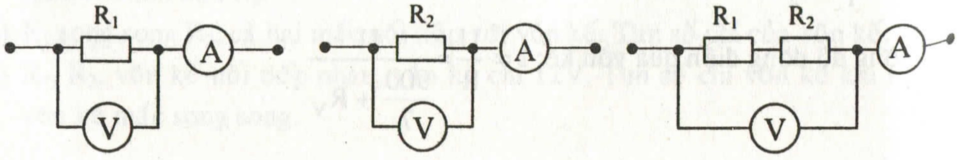


+ Từ (4) suy ra: $\dfrac{U.2137{,}5}{(525 + \dfrac{2137{,}5}{U - 16{,}625})(U - 16{,}625)} = 12$

$$\Leftrightarrow \frac{2137{,}5U}{525U - 6590{,}625} = 12 \Leftrightarrow 2137{,}5U = 6300U - 79087{,}5 \Rightarrow U = 19V.$$

Vậy: Vôn kế chỉ 19V.

5.47. Hai điện trở R_1, R_2, ampe kế và vôn kế lần lượt mắc thành ba sơ đồ sau. Số chỉ vôn kế luôn là 180V, số chỉ ampe kế lần lượt là 0,6A; 0,9A; 0,5A. Tính R_1, R_2.



Bài giải

– Số chỉ của vôn kế lần lượt trong 3 trường hợp là:

$$U_V = I_1R_{1v} = 0{,}6\frac{R_1R_V}{R_1 + R_V} = 180$$

$$U_V = I_2R_{2v} = 0{,}9\frac{R_2R_V}{R_2 + R_V} = 180$$

$$U_V = I_3R_{12v} = 0{,}5\frac{(R_1 + R_2)R_V}{R_1 + R_2 + R_V} = 180$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{R_1R_V}{R_1 + R_V} = 300 \\ \dfrac{R_2R_V}{R_2 + R_V} = 200 \\ \dfrac{(R_1 + R_2)R_V}{R_1 + R_2 + R_V} = 360 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_V} = \dfrac{1}{300} \quad (1) \\ \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_V} = \dfrac{1}{200} \quad (2) \\ \dfrac{1}{R_1 + R_2} + \dfrac{1}{R_V} = \dfrac{1}{360} \quad (3) \end{cases}$$

- Lấy (2) – (1), ta được: $\dfrac{1}{R_2} - \dfrac{1}{R_1} = \dfrac{1}{200} - \dfrac{1}{300} = \dfrac{1}{600}$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{600} \Rightarrow R_2 = \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{600}}$$

- Lấy (1) – (3), ta được: $\dfrac{1}{R_1} - \dfrac{1}{R_1 + R_2} = \dfrac{1}{300} - \dfrac{1}{360} = \dfrac{1}{1800}$

$$\Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1(R_1 + R_2)} = \frac{1}{1800} \Leftrightarrow \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{600}} = \frac{1}{1800}R_1.(R_1 + \frac{1}{\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{600}})$$

$$\Leftrightarrow 1 = \frac{R_1}{1800}.(2 + \frac{R_1}{600}) \Leftrightarrow 1800 = 2R_1 + \frac{R_1^2}{600}$$

$$\Leftrightarrow R_1^2 + 1200R_1 - 1080000 = 0 \Rightarrow R_1 = 600\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{1}{\dfrac{1}{600} + \dfrac{1}{600}} = 300\Omega.$$

Vậy: Giá trị các điện trở là $R_1 = 600\Omega$ và $R_2 = 300\Omega$.

5.48. Dây dẫn có $S = 3{,}2mm^2$, $\rho = 2{,}5.10^{-8}\Omega m$, có dòng điện I = 4A đi qua. Tìm lực điện trường tác dụng lên mỗi êlectrôn tự do trong dây.

Bài giải

Cường độ điện trường giữa hai đầu dây dẫn:

$$E=\frac{U}{d}=\frac{RI}{l}=\frac{I\rho\frac{l}{S}}{l}=\frac{I\rho}{S}\Rightarrow E=\frac{4.2{,}5.10^{-8}}{3{,}2.10^{-6}}=0{,}03125\ \text{V/m}.$$

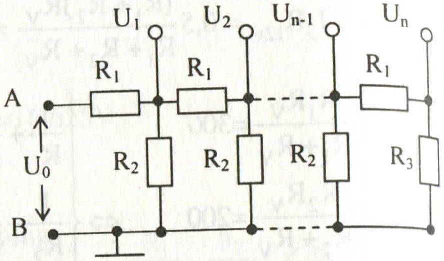
Lực điện trường tác dụng lên mỗi êlectrôn tự do:

$F = eE = 1{,}6.10^{-19}.0{,}03125 = 5.10^{-21}$ N.

5.49. Cho mạch điện như hình vẽ: Nối A, B với nguồn hiệu điện thế U_0.

Tìm hệ thức liên hệ giữa R_1, R_2, R_3 để với số ô điện trở tùy ý, ta luôn có:

$\frac{U_{i-1}}{U_i} = k$ = hằng số (k > 1).



Bài giải

– Hiệu điện thế hai đầu R_3: $U_n = I_3R_3$; $U_{n-1} = I_3(R_1 + R_3)$

$$\Rightarrow \frac{U_{n-1}}{U_n}=\frac{R_1+R_3}{R_3}=\frac{R_1}{R_3}+1=k$$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_3}=k-1 \quad (1)$$

Mặt khác: $U_{n-1} = I_2R_2 = I_3(R_1 + R_3) \Rightarrow I_3=\frac{I_2R_2}{R_1+R_3}$

$$U_{n-2} = (I_2 + I_3)R_1 + I_2R_2 = I_2(R_1 + R_2) + I_3R_1$$

$$U_{n-2} = I_2(R_1 + R_2)+\frac{I_2R_1R_2}{R_1+R_3}=\frac{I_2\left[(R_1+R_2)(R_4+R_3)+R_1R_2\right]}{R_1+R_3}$$

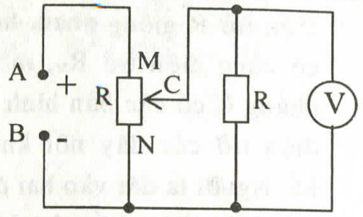
$$\Rightarrow \frac{U_{n-2}}{U_{n-1}}=\frac{(R_1+R_2)(R_1+R_3)+R_1R_2}{R_2(R_1+R_3)}=k\Rightarrow \frac{R_1}{R_2}+1+\frac{R_1}{R_1+R_3}=k$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1}{R_2}=k-1-\frac{1}{1+\frac{1}{k-1}}=(k-1)-\frac{k-1}{k}=\frac{(k-1)^2}{k} \quad (2)$$

– Lấy (1) chia (2) ta được: $\frac{R_2}{R_3}=\frac{k}{k-1}$

Vậy: Để $\frac{u_{i-1}}{u_i}=k$ thì $\frac{R_1}{R_3}=k-1$ và $\frac{R_2}{R_3}=\frac{k}{k-1}$.

5.50. Cho mạch điện như hình vẽ. Điện trở R_{MN} = R. Ban đầu con chạy C tại trung điểm MN. Phải thay đổi vị trí con chạy C như thế nào để số chỉ vôn kế (V) không thay đổi khi tăng hiệu điện thế vào (U_{AB}) lên gấp đôi. Điện trở vôn kế R_V vô cùng lớn.



Bài giải

– Khi C ở giữa, mạch điện được vẽ lại như sau (hình vẽ):

– Điện trở tương đương đoạn mạch AB:

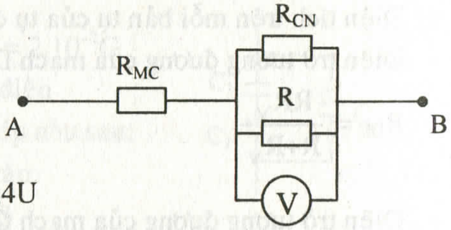
$$R_{AB}=R_{MC}+\frac{R_{CN}R}{R_{CN}+R}=R-R_{CN}+\frac{R_{CN}R}{R_{CN}+R}=\frac{R^2-R_{CN}^2+RR_{CN}}{R+R_{CN}}$$

– Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I=\frac{U}{R_{AB}}=\frac{U(R+R_{CN})}{R^2-R_{CN}^2+RR_{CN}}$

– Hiệu điện thế hai đầu vôn kế:

$$U_V=\frac{U(R+R_{CN})}{R^2-R_{CN}^2+RR_{CN}}.\frac{RR_{CN}}{R+R_{CN}}=\frac{URR_{CN}}{R^2-R_{CN}^2+RR_{CN}}$$

$$U_V=\frac{U}{\frac{R^2-R_{CN}^2}{RR_{CN}}+1}=\frac{U}{\frac{R}{R_{CN}}-\frac{R_{CN}}{R}+1}$$



– Ban đầu: $R_{CN}=\frac{R}{2}\Rightarrow U_V=\frac{U}{2-\frac{1}{2}+1}=0{,}4U$

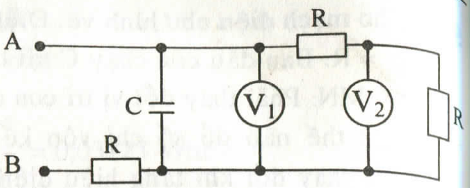
– Khi U tăng gấp đôi, U_V không đổi nên: $U_V=\frac{2U}{\frac{R}{R_{CN}}-\frac{R_{CN}}{R}+1}=0{,}4U$

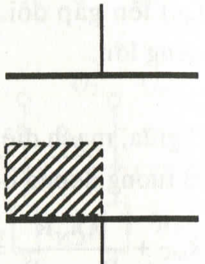
– Đặt $\frac{R}{R_{CN}}=x\Rightarrow x-\frac{1}{x}+1=5\Leftrightarrow x^2-4x-1=0$

$$\Rightarrow x=4{,}236=\frac{R}{R_{CN}}\Rightarrow R_{CN}=0{,}236R=(\sqrt{5}-2)R$$

Vậy: Để số chỉ vôn kế không thay đổi khi tăng U_{AB} lên gấp đôi thì con chạy phải ở vị trí với $R_{CN}=(\sqrt{5}-2)R$.

5.51. Cho mạch điện như hình bên. Ba điện trở R giống nhau, hai vôn kế có cùng điện trở R_V, một tụ điện phẳng C có các bản hình chữ nhật; điện trở các dây nối không đáng kể. Người ta đặt vào hai điểm A, B một hiệu điện thế một chiều $U_{AB} = 150V$ khi đó vôn kế V_2 chỉ 10V.

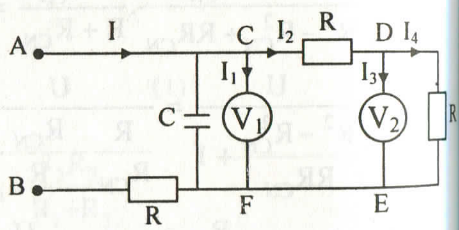




a) Tính điện tích trên mỗi bản tụ của tụ điện biết rằng điện dung của tụ là $C = 5.10^{-4}F$.

b) Đặt một khối điện môi đồng chất hình hộp chữ nhật có diện tích đáy bằng $\frac{1}{2}$ diện tích của bản, có chiều cao bằng $\frac{1}{2}$ khoảng cách giữa hai bản, áp sát vào một trong hai bản như hình bên. Hỏi điện tích trên mỗi bản tăng gấp mấy lần, biết rằng hằng số điện môi $\varepsilon = 2$.

Bài giải



a) Điện tích trên mỗi bản tụ của tụ điện

- Điện trở tương đương của mạch DE:

$$R_{DE} = \frac{RR_V}{R+R_V}$$

- Điện trở tương đương của mạch CE: $R_{CE} = R + \dfrac{RR_V}{R+R_V}$

- Điện trở tương đương của mạch CF: $R_{CF} = \dfrac{R_V\left(R+\dfrac{RR_V}{R+R_V}\right)}{R_V+R+\dfrac{RR_V}{R+R_V}} = \dfrac{R_VR(R+2R_V)}{R^2+3RR_V+R_V^2}$

- Điện trở tương đương mạch AB:

$$R_{AB} = R + \frac{RR_V(R+2R_V)}{R^2+3RR_V+R_V^2} = \frac{R(R^2+4RR_V+3R_V^2)}{R^2+3RR_V+R_V^2}$$

- Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{U(R^2+3RR_V+R_V^2)}{R(R^2+4RR_V+3R_V^2)}$

- Số chỉ của vôn kế (1):

$$U_{V_1} = IR_{CF} = \frac{U(R^2+3RR_V+R_V^2)}{R(R^2+4RR_V+3R_V^2)}.\frac{RR_V(R+2R_V)}{R^2+3RR_V+R_V^2} = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2+4RR_V+3R_V^2} \quad (1)$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{V_1}}{R_{CE}} = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2+4RR_V+3R_V^2}.\frac{1}{R+\dfrac{RR_V}{R+R_V}}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{UR_V(R+2R_V)}{R^2+4RR_V+3R_V^2}.\frac{R+R_V}{R(R+2R_V)} = \frac{UR_V(R+R_V)}{R(R^2+4RR_V+3R_V^2)}$$

- Số chỉ của vôn kế (2):

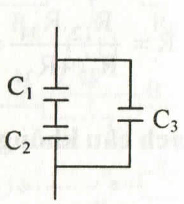
$$U_{V_2} = I_2R_{DE} = \frac{UR_V(R+R_V)}{R(R^2+4RR_V+3R_V^2)}.\frac{RR_V}{R+R_V} = \frac{U.R_V^2}{R^2+4RR_V+3R_V^2}$$

$$\Leftrightarrow 10 = \frac{150R_V^2}{R^2+4RR_V+3R_V^2} \Leftrightarrow R^2+4RR_V+3R_V^2 = 15R_V^2 \Leftrightarrow (R+2R_V)^2 = 16R_V^2$$

$$\Leftrightarrow R+2R_V = 4R_V \Rightarrow R = 2R_V.$$

- Từ (1) suy ra: $U_{V_1} = \dfrac{150.R_V.4R_V}{15R_V^2} = 40V$.

- Điện tích của tụ điện: $Q = CU = 5.10^{-4}.40 = 2.10^{-2}C$.



b) Sự thay đổi điện tích trên mỗi bản của tụ điện

- Tụ được xem gồm 3 tụ C_1, C_2, C_3 được ghép như sau:
- Điện dung của tụ lúc chưa đưa điện môi vào:

$$C_0 = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d} = \frac{S}{9.10^9.4\pi d} \Rightarrow C_1 = \frac{\varepsilon\dfrac{S}{2}}{9.10^9.4\pi\dfrac{d}{2}} = \frac{\varepsilon S}{9.10^9.4\pi d} = \frac{S}{9.10^9.4\pi d} = C_0$$

$$C_2 = \frac{\varepsilon\dfrac{S}{2}}{9.10^9.4\pi\dfrac{d}{2}} = \frac{2S}{9.10^9.4\pi d} = 2C_0;\ C_3 = \frac{\varepsilon\dfrac{S}{2}}{9.10^9.4\pi d} = \frac{C_0}{2}$$

- Điện dung tương đương của bộ tụ: $C = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} + C_3 = \dfrac{C_0.2C_0}{C_0+2C_0} + \dfrac{C_0}{2} = \dfrac{7}{6}C_0$

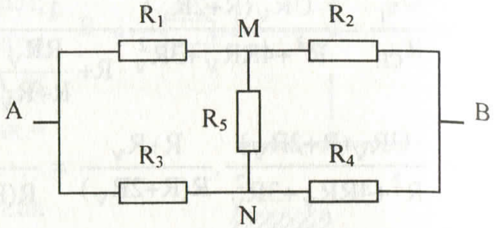
Mà: $Q = C_0U;\ Q' = CU \Rightarrow \dfrac{Q'}{Q} = \dfrac{C}{C_0} = \dfrac{7}{6}$.

Vậy: Điện tích trên mỗi bản tụ điện tăng gấp $\dfrac{7}{6}$ lần.

Chuyên đề 6: MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Mạch cầu cân bằng



– Điều kiện: $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$.

– Hệ quả:

+ $U_1 = U_3; U_2 = U_4$.

+ $I_1 = I_2; I_3 = I_4; I_5 = 0$. + $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$.

+ $\frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}; \frac{I_2}{I_4} = \frac{R_4}{R_2}$. + $U_1 + U_2 = U_3 + U_4$. + $I_1 + I_3 = I_2 + I_4 = I$.

+ Mạch: (R_1 // R_3) nt (R_2 // R_4): chập M, N.

+ $R = R_{13} + R_{24} = \frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2+R_4}$.

+ Mạch: (R_1 nt R_2) // (R_3 nt R_4): bỏ qua R_5.

+ $R = \frac{R_{12}.R_{34}}{R_{12}+R_{34}} = \frac{(R_1+R_2).(R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4}$.

II. Mạch cầu không cân bằng: Điều kiện: $\frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4}$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

1. *Trước khi giải các bài toán về mạch cầu điện trở* cần dựa vào điều kiện $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ để kiểm tra xem mạch cầu có cân bằng không. Nếu:

– Mạch cầu cân bằng: Ta có thể bỏ qua R_5 hoặc chập hai điểm M và N lại với nhau ta có mạch tương đương: (R_1 // R_3) nt (R_2 // R_4) hoặc (R_1 nt R_2) // (R_3 nt R_4). Dựa vào định luật Ôm và các tính chất của đoạn mạch nối tiếp, song song để giải.

– Mạch cầu không cân bằng: Để giải các bài toán về mạch cầu không cân bằng ta có thể:

+ Dùng phương pháp chuyển từ mạch tam giác sang mạch hình sao hoặc ngược lại, chú ý mạch điện tương đương và các công thức biến đổi.

+ Dùng phương pháp điện thế: Các bước thực hiện như sau:

- Viết các phương trình dòng điện tại các nút: $\Sigma I_{vào} = \Sigma I_{ra}$.
- Viết các phương trình định luật Ôm cho các đoạn mạch và đưa các phương trình về V_M, V_N theo V_A, V_B.
- Chọn $V_B = 0$ ($U_{AB} = V_A$). Giải hệ phương trình để tìm V_M, V_N theo V_A.

Suy ra dòng điện qua các đoạn mạch.

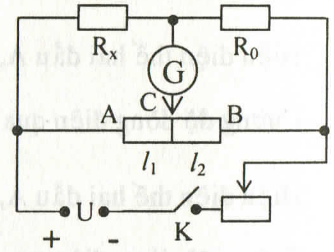
+ Dùng phương pháp dòng điện: Các bước thực hiện như sau:

- Viết các phương trình hiệu điện thế cho các đoạn mạch theo các điện trở.
- Viết các phương trình định luật Ôm cho các đoạn mạch và đưa các phương trình về dòng điện theo các điện trở.
- Viết các phương trình dòng điện tại các nút. Suy ra hệ thức giữa các điện trở.
- Suy ra dòng điện qua các đoạn mạch và điện trở tương đương của đoạn mạch.

2. *Với mạch cầu điện trở chứa tụ điện*: Ta cần kết hợp các công thức về tụ điện như đã biết, chú ý là không có dòng điện qua đoạn mạch có tụ điện mắc nối tiếp.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ

1. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ



6.1. Hình bên là sơ đồ cầu Uyxtơn để đo R_x. AB là dây điện trở đồng chất hình trụ căng thẳng, R_0 đã biết.

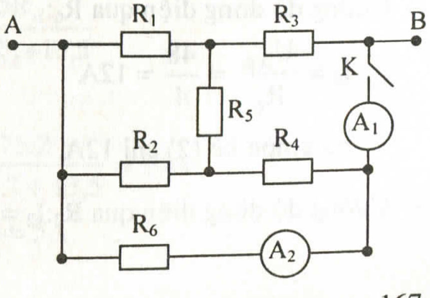
Khi di chuyển con chạy, tại vị trí $I_g = 0$, AC = l_1, CB = l_2. Tìm R_x.

Bài giải

Khi $I_g = 0$, ta có mạch cầu cân bằng: $R_xR_{CB} = R_0R_{AC}$

$\Leftrightarrow R_x.\rho\frac{l_2}{S} = R_0.\rho\frac{l_1}{S} \Leftrightarrow R_x.l_2 = R_0.l_1 \Rightarrow R_x = \frac{R_0l_1}{l_2}$

Vậy: Giá trị của R_x theo l_1 và l_2 là $R_x = \frac{R_0l_1}{l_2}$.



6.2. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, $R_5 = 2{,}4\Omega$, $R_6 = 4\Omega$, $R_{A_1} = R_{A_2} = 0$, $U_{AB} = 48V$ (không đổi).

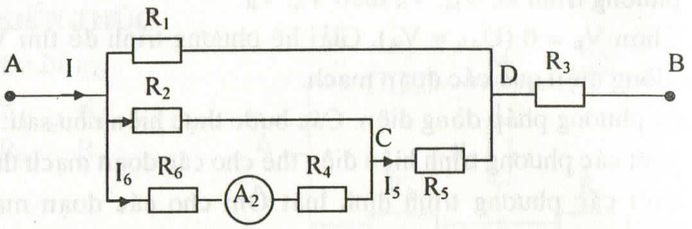
Tìm số chỉ các ampe kế khi:

a) K mở.

b) K đóng.

Bài giải

a) Khi K mở: Số chỉ ampe kế (1) bằng 0, mạch điện được vẽ lại như sau:



Điện trở tương đương của R₂, R₄, R₆: $R_{246} = \dfrac{R_2(R_4+R_6)}{R_2+R_4+R_6} = \dfrac{2.(4+4)}{2+4+4} = 1{,}6\Omega$

Điện trở tương đương của đoạn mạch ACD:

$R_{ACD} = R_{234} + R_5 = 1{,}6 + 2{,}4 = 4\,\Omega$

Điện trở tương đương của đoạn mạch AD: $R_{AD} = \dfrac{R_1.R_{ACD}}{R_1+R_{ACD}} = \dfrac{4.4}{4+4} = 2\Omega$

Điện trở tương đương của đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{AD} + R_3 = 2 + 8 = 10\,\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}} = \dfrac{48}{10} = 4{,}8A$

Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = IR_{AD} = 4{,}8.2 = 9{,}6V$.

Cường độ dòng điện qua R₅: $I_5 = \dfrac{U_{AD}}{R_{ACD}} = \dfrac{9{,}6}{4} = 2{,}4A$.

Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = I_5R_{246} = 2{,}4.1{,}6 = 3{,}84V$.

Cường độ dòng điện qua ampe kế (2): $I_6 = \dfrac{U_{AC}}{R_{46}} = \dfrac{3{,}84}{8} = 0{,}48A$.

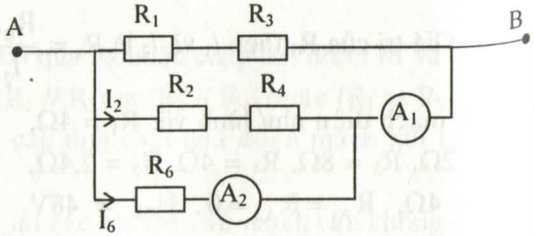
Vậy: Khi K mở, số chỉ của ampe kế (1) bằng 0; số chỉ ampe kế (2) là 0,48 A.

b) Khi K đóng

Ta có: $R_1.R_4 = R_2.R_3 = 16$

⇒ Mạch cầu cân bằng,

mạch điện được vẽ lại như sau:



– Cường độ dòng điện qua R₆:

$$I_6 = \frac{U_{AB}}{R_6} = \frac{48}{4} = 12A$$

⇒ ampe kế (2) chỉ 12A.

– Cường độ dòng điện qua R₂: $I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R_2+R_4} = \dfrac{48}{2+4} = 8A$.

– Cường độ dòng điện qua ampe kế (1): $I_{A_1} = I_2 + I_6 = 8 + 12 = 20A$.

⇒ ampe kế (1) chỉ 20A.

Vậy: Khi K đóng, ampe kế (1) chỉ 20A; ampe kế (2) chỉ 12A.

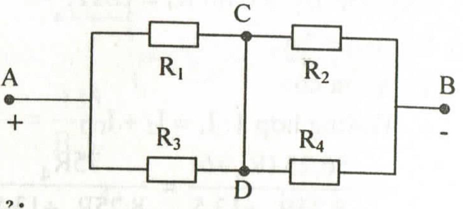
6.3. Cho mạch điện như hình vẽ.

$U_{AB} = 75V$, $R_2 = 2R_1 = 6\Omega$, $R_3 = 9\Omega$.

a) Cho $R_4 = 2\Omega$. Tính cường độ qua CD.

b) Tính R₄ khi cường độ qua CD là 0.

c) Tính R₄ khi cường độ qua CD là 2A.



Bài giải

Điện trở tương đương đoạn mạch AB:

$$R_{AB} = R_{13} + R_{24} = \frac{R_1R_3}{R_1+R_3} + \frac{R_2R_4}{R_2+R_4} = \frac{3.9}{3+9} + \frac{6R_4}{6+R_4} = 2{,}25 + \frac{6R_4}{6+R_4}.$$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}} = \dfrac{75}{2{,}25+\dfrac{6R_4}{6+R_4}}$.

Hiệu điện thế hai đầu A, C: $U_{AC} = IR_{13}$

$$\Rightarrow U_{AC} = \frac{75}{2{,}25+\dfrac{6R_4}{6+R_4}}.2{,}25 = \frac{168{,}75.(6+R_4)}{13{,}5+8{,}25R_4}$$

Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = \dfrac{U_{AC}}{R_1}$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{168{,}75.(6+R_4)}{13{,}5+8{,}25R_4}.\frac{1}{3} = \frac{56{,}25.(R_4+6)}{13{,}5+8{,}25R_4}$$

Hiệu điện thế hai đầu C, B: $U_{CB} = U_{AB} - U_{AC}$

$$\Rightarrow U_{CB} = 75 - \frac{168{,}75.(6+R_4)}{13{,}5+8{,}25R_4} = \frac{450R_4}{8{,}25R_4+13{,}5}$$

Cường độ dòng điện qua R₂:

$$I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2} \Rightarrow I_2 = \frac{450R_4}{6.(8{,}25R_4+13{,}5)} = \frac{75R_4}{8{,}25R_4+13{,}5}.$$

a) Khi $R_4 = 2\Omega$:

Ta có: $I_1 = \dfrac{56{,}25.(2+6)}{8{,}25.2+13{,}5} = 15A$; $I_2 = \dfrac{75.2}{8{,}25.2+13{,}5} = 10A$.

Tại C: $I_1 = I_2 + I_{CD} \Rightarrow I_{CD} = I_1 - I_2 = 15 - 10 = 5A$.

Vậy: Khi $R_4 = 2\Omega$ thì $I_{CD} = 5A$.

b) Khi $I_{CD} = 0$: Lúc đó mạch cầu cân bằng nên:

$$R_1.R_4 = R_2.R_3 \Rightarrow R_4 = \frac{R_2R_3}{R_1} = \frac{6.9}{3} = 18\Omega .$$

Vậy: Để $I_{CD} = 0$ thì $R_4 = 18\,\Omega$,

c) Khi $I_{CD} = 2A$:

Tại C, ta có:

+ Trường hợp 1: $I_1 = I_2 + I_{CD}$

$$\Leftrightarrow \frac{56,25.(R_4+6)}{8,25R_4+13,5} = \frac{75R_4}{8,25R_4+13,5}+2 \Leftrightarrow 56,25R_4+337,5 = 91,5R_4+27$$

$$\Leftrightarrow 35,25R_4 = 310,5 \Rightarrow R_4 = 8,81\Omega .$$

+ Trường hợp 2: $I_1 + I_{CD} = I_2$

$$\Leftrightarrow \frac{56,25.(R_4+6)}{8,25R_4+13,5}+2 = \frac{75R_4}{8,25R_4+13,5} \Leftrightarrow 72,75R_4+364,5 = 75R_4$$

$$\Leftrightarrow 2,25R_4 = 364,5 \Rightarrow R_4 = 162\Omega .$$

Vậy: Để $I_{CD} = 2A$ thì $R_4 = 8,81\,\Omega$ hoặc $R_4 = 162\,\Omega$.

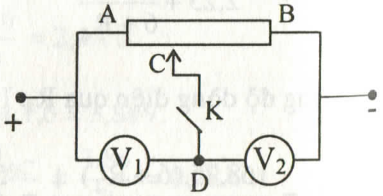
6.4. Cho mạch điện như hình vẽ, $U_{AB} = 270V$, điện trở AB có giá trị $R = 30k\Omega$, các vôn kế V_1, V_2 có điện trở $R_1 = 5k\Omega$, $R_2 = 4k\Omega$.

a) Tìm số chỉ của các vôn kế V_1, V_2 khi K mở.

b) K đóng, tìm vị trí C để số chỉ của hai vôn kế bằng nhau. Tính cường độ dòng điện qua khóa K lúc này.

c) Muốn số chỉ của các vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở, C phải ở vị trí nào?

d) Khi khóa K đóng và C di chuyển từ A đến B, số chỉ của các vôn kế thay đổi thế nào?



Bài giải

a) Khi K mở:

Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): $I_1 = \dfrac{U_{AB}}{R_1+R_2} = \dfrac{270}{9000} = 0,03A$.

Số chỉ vôn kế (1): $U_1 = I_1R_1 = 0,03.5000 = 150V$.

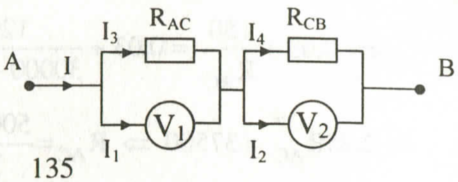
Số chỉ vôn kế (2): $U_2 = I_1R_2 = 0,03.4000 = 120V$.

Vậy: Khi K mở, số chỉ của các vôn kế là 150V và 120V.

b) Khi K đóng: Mạch điện được vẽ lại như sau:

Số chỉ của mỗi vôn kế là: $U_1 = U_2 = \dfrac{270}{2} = 135V$.

Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): $I_1 = \dfrac{U_1}{R_1} = \dfrac{135}{5000} = 0,027A$



Cường độ dòng điện qua vôn kế (2):

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{135}{4000} = 0,03375A$$

Cường độ dòng điện qua R_{AC}: $I_3 = \dfrac{U_1}{R_{AC}} = \dfrac{135}{R_{AC}}$.

Cường độ dòng điện qua R_{CB}: $I_4 = \dfrac{U_1}{R_{CB}} = \dfrac{U_1}{30000\text{-}R_{AC}} = \dfrac{135}{30000\text{-}R_{AC}}$.

Ta có: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4$

$$\Leftrightarrow 0,027+\frac{135}{R_{AC}} = 0,03375+\frac{135}{30000\text{-}R_{AC}}$$

$$\Leftrightarrow 0,027R_{AC} + 135 = 1147,5 - 0,03375R_{AC}$$

$$\Leftrightarrow 0,06075R_{AC} = 1012,5 \Rightarrow R_{AC} = \frac{50000}{3} = \frac{R}{3} \Rightarrow \frac{R_{AC}}{R} = \frac{AC}{AB} = \frac{1}{3}$$

Tại D: $I_1 + I_{CD} = I_2$

$\Rightarrow I_{CD} = I_2 - I_1 = 0,03375 - 0,027 = 6,75.10^{-3}A = 6,75\ mA$.

Vậy: Khi K đóng, để số chỉ của các vôn kế bằng nhau thì C phải ở vị trí sao cho $\dfrac{AC}{AB} = \dfrac{1}{3}$, lúc đó cường độ dòng điện qua khóa K là $I_{CD} = 6,75\ mA$.

c) Vị trí của C để số chỉ các vôn kế không thay đổi khi đóng khóa K

Để số chỉ của vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở thì:

$U_1 = 150V = U_{AB}$; $U_2 = 120V = U_{CB}$

Cường độ dòng điện qua vôn kế (1): $I_1 = \dfrac{U_1}{R_1}$.

Cường độ dòng điện qua vôn kế (2): $I_2 = \dfrac{U_2}{R_2}$.

Cường độ dòng điện qua R_{AC}: $I_3 = \dfrac{U_1}{R_{AC}}$.

Cường độ dòng điện qua R_{CB}: $I_4 = \dfrac{U_2}{R_{CB}}$.

Ta có: $I_1 + I_3 = I_2 + I_4 \Leftrightarrow U_1(\dfrac{1}{R_1}+\dfrac{1}{R_{AC}}) = U_2(\dfrac{1}{R_2}+\dfrac{1}{R_{CB}})$

$$\Leftrightarrow 150\left(\frac{1}{5000}+\frac{1}{R_{AC}}\right)=120\left(\frac{1}{4000}+\frac{1}{30000-R_{AC}}\right)$$

$$\Leftrightarrow 0{,}03+\frac{150}{R_{AC}}=0{,}03+\frac{120}{30000-R_{AC}} \Leftrightarrow 1{,}25.(30000-R_{AC})=R_{AC}$$

$$\Leftrightarrow 2{,}25R_{AC}=37500 \Rightarrow R_{AC}=\frac{50000}{3} \Rightarrow \frac{R_{AC}}{R_{AB}}=\frac{AC}{AB}=\frac{50000}{3.30000}=\frac{5}{9}.$$

Vậy: Để số chỉ của các vôn kế không thay đổi khi K đóng hoặc mở, C phải ở vị trí sao cho $\frac{AC}{AB}=\frac{5}{9}$.

d) Số chỉ các vôn kế thay đổi thế nào khi K đóng và C di chuyển từ A đến B

Gọi R là điện trở tương đương của R_{AC} và R_1, ta có: $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_{AC}}$.

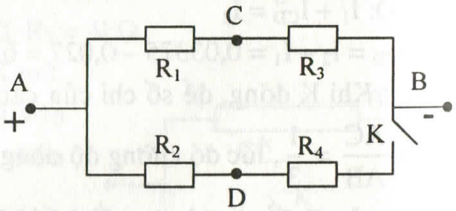
- Khi C ở A thì $R_{AC}=0 \Rightarrow R=R_1$.
- Khi C ở B thì R giảm $\Rightarrow U_1$ sẽ tăng, U_2 sẽ giảm.

Vậy: Khi C di chuyển từ A đến B thì U_1 tăng, U_2 giảm.

6.5. Cho mạch điện như hình vẽ: U = 12V, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 5\Omega$.

a) Khi K mở, hiệu điện thế giữa C, D là 2V. Tìm R_1.

b) Khi K đóng, hiệu điện thế giữa C, D là 1V. Tìm R_4.



Bài giải

a) Khi K mở:

Ta có: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -U_1 + U_2$

$$\Rightarrow U_1 = IR_1 = \frac{U}{R_1+R_3}.R_1 \Leftrightarrow 2=\frac{12.R_1}{R_1+5} \Leftrightarrow 2R_1+10=12R_1$$

$$\Leftrightarrow 10R_1=10 \Rightarrow R_1=1\Omega.$$

Vậy: Khi K mở, $R_1 = 1\,\Omega$.

b) Khi K đóng:

Ta có: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_3 - U_4$

Hiệu điện thế hai đầu R_3: $U_3=\frac{U}{R_1+R_3}.R_3=\frac{12}{1+5}.5=10V$.

Hiệu điện thế hai đầu R_4: $U_4=\frac{U}{R_2+R_4}.R_4=\frac{12}{3+R_4}.R_4$.

Ta có:

$$+\ U_{CD}=10-\frac{12}{3+R_4}.R_4=1 \Leftrightarrow 12R_4=9.(R_4+3) \Rightarrow R_4=9\Omega.$$

$$+\ U_{CD}=10-\frac{12}{3+R_4}.R_4=-1.$$

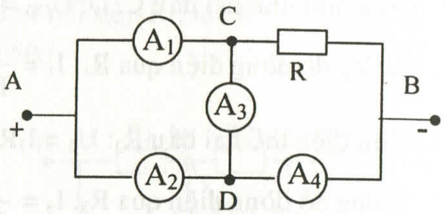
$$12R_4=11.(R_4+3) \Rightarrow R_4=33\Omega.$$

Vậy: Khi K đóng, để $U_{CD} = 1V$ thì $R_4 = 9\,\Omega$ hoặc $R_4 = 33\,\Omega$.

6.6. Cho mạch điện như hình vẽ, các ampe kế có cùng điện trở R_A. Biết ampe kế A_1 chỉ 3A, A_2 chỉ 4A.

a) Tìm số chỉ ampe kế A_3, A_4 và cường độ dòng điện qua R.

b) Biết R = 3Ω. Tìm R_A.



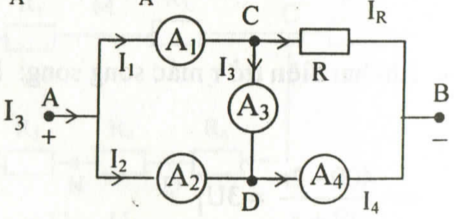
Bài giải

a) Số chỉ ampe kế A_3, A_4 và cường độ dòng điện qua R

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ:

$$\text{Ta có: }\begin{cases} I_1 = I_3 + I_R \\ I_4 = I_2 + I_3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{V_A-V_C}{R_A}=\dfrac{V_C-V_D}{R_A}+\dfrac{V_C-V_B}{R} \\ \dfrac{V_D-V_B}{R_A}=\dfrac{V_A-V_D}{R_A}+\dfrac{V_C-V_D}{R_A} \end{cases}$$

$$\text{Mà }\begin{cases} I_1=\dfrac{V_A-V_C}{R_A}=3 \\ I_2=\dfrac{V_A-V_D}{R_A}=4 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_C-V_D}{R_A}=1=I_3$$



$\Rightarrow I_R = I_1 - I_3 = 3 - 1 = 2A$; $I_4 = I_2 + I_3 = 4 + 1 = 5A$.

Vậy: Số chỉ ampe kế (3) là 1A, ampe kế (4) là 5A.

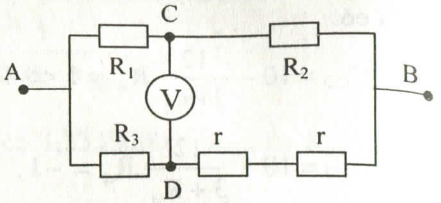
b) Giá trị R_A

Ta có: $U_{CB} = U_{CD} + U_{DB}$

$$\Leftrightarrow I_R R = I_3R_A + I_4R_A \Rightarrow R_A=\frac{I_R.R}{I_3+I_4}=\frac{2.3}{6}=1A.$$

Vậy: Điện trở của ampe kế là $R_A = 1A$.

6.7. Cho mạch điện như hình vẽ: $U_{AB} = 12V$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, R_V rất lớn. Khi hai điện trở r nối tiếp, vôn kế chỉ U_1, khi chúng song song vôn kế chỉ $U_2 = 3U_1$.



a) Tính r.

b) Tính số chỉ V khi nhánh DB chỉ có một điện trở r.

c) Vôn kế đang chỉ U_1 (hai r nối tiếp).

Để V chỉ 0:

- Ta chuyển chỗ một điện trở, đó là điện trở nào và chuyển đi đâu?
- Hoặc đổi chỗ hai điện trở. Đó là các điện trở nào?

Bài giải

Hiệu điện thế hai đầu C, D: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_2 - U_{DB}$

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \dfrac{U}{R_1 + R_2} = \dfrac{12}{5+25} = \dfrac{12}{30} = 0{,}4A$.

Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_2 = I_1R_2 = 0{,}4.25 = 10V$.

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \dfrac{U}{R_3 + R_{DB}} = \dfrac{12}{20 + R_{DB}}$.

Hiệu điện thế hai đầu D, B: $U_{DB} = I_3R_{DB} = \dfrac{12R_{DB}}{20+R_{DB}} \Rightarrow U_{CD} = 10 - \dfrac{12R_{DB}}{20+R_{DB}}$.

a) Tính r

- Khi hai điện trở r mắc nối tiếp: $R_{DB} = 2r$

$$\Rightarrow U_1 = 10 - \frac{12.2r}{20+2r} = \frac{100-2r}{10+r} \qquad (1)$$

- Khi hai điện trở r mắc song song: $R_{DB} = \dfrac{r}{2} \Rightarrow U_2 = 10 - \dfrac{12.\frac{r}{2}}{20+\frac{r}{2}} = 3U_1$

$$\Leftrightarrow \frac{400-2r}{40+r} = 3U_1 \qquad (2)$$

- Lấy (2) chia (1): $\dfrac{400+2r}{40+r}.\dfrac{10+r}{100-2r} = 3 \Leftrightarrow 4000 + 380r - 2r^2 = 3.(4000 + 20r - 2r^2)$

$\Leftrightarrow r^2 + 80r - 2000 = 0 \Rightarrow r = 20\Omega$ và $r = -100(\Omega) < 0$: (loại).

Vậy: Giá trị của r là $r = 20\Omega$.

b) Số chỉ V khi nhánh DB chỉ có một điện trở r

Khi nhánh DB chỉ có một điện trở r thì: $U_{CD} = 10 - \dfrac{12r}{20+r} = 10 - \dfrac{12.20}{20+20} = 4V$

Vậy: Khi nhánh DB chỉ có một điện trở r thì số chỉ V là 4V.

c) Điện trở cần phải di chuyển để V chỉ số 0

Ta có: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_{CB} - U_{DB} = 0 \Rightarrow U_{CB} = U_{DB}$

$\Leftrightarrow I_1R_{CB} = I_3R_{DB} \qquad (1)$

Mặt khác: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -U_{AC} + U_{AD} = 0 \Rightarrow U_{AC} = U_{AD}$

$\Leftrightarrow I_1R_{AC} = I_3R_{AD} \qquad (2)$

- Lấy (2) chia (1) ta được: $\dfrac{R_{AC}}{R_{CB}} = \dfrac{R_{AD}}{R_{DB}}$: mạch cầu cân bằng.

$\Leftrightarrow R_{AC}.R_{DB} = R_{AD}.R_{CB}$

Với: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 25\Omega$, $R_3 = 20\Omega$, $r = 20\Omega$:

$\Leftrightarrow R_2R_3 = 25.20 = 500$; $R_1.r = 5.20 = 100$.

Vậy: Để mạch cầu cân bằng, ta chuyển r nối tiếp R_1, lúc đó:

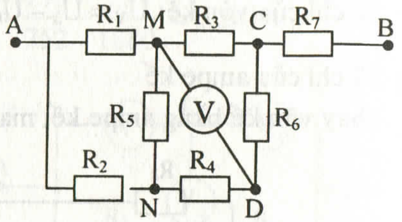
$R_{AC} = R_1 + r = 25\Omega$ và $R_{AC}.r = 25.20 = 500$.

6.8. Cho mạch điện như hình vẽ:

$U_{AB} = 33V$, $R_1 = 21\Omega$, $R_2 = 42\Omega$,

$R_3 = R_4 = R_6 = 20\Omega$, $R_5 = 30\Omega$,

$R_7 = 20\Omega$, R_V rất lớn.



a) Tìm số chỉ của vôn kế.

b) Thay vôn kế bằng ampe kế A ($R_A = 0$).

Tìm số chỉ của ampe kế.

Bài giải

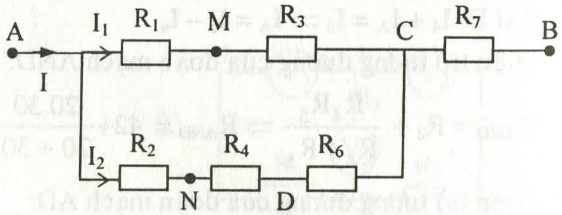
a) Số chỉ của vôn kế

Điện trở tương đương của R_4 và R_6: $R_{46} = R_4 + R_6 = 40\Omega$.

Ta có: $R_1.R_{46} = R_2.R_3$

$\Rightarrow$ mạch cầu cân bằng nên:

$I_5 = 0$; $U_{MN} = 0$. Mạch điện được vẽ lại như sau:



Số chỉ của vôn kế: $U_V = U_{MD} = U_{MC} + U_{CD} = U_3 - U_6$

Điện trở tương đương của R_2, R_4, R_6:

$R_{246} = R_2 + R_4 + R_6 = 42 + 20 + 20 = 82\Omega$

Điện trở tương đương của R_1, R_3: $R_{13} = R_1 + R_3 = 21 + 20 = 41\Omega$.

Điện trở tương đương đoạn mạch AC: $R_{AC} = \dfrac{R_{13}.R_{246}}{R_{13}+R_{246}} = \dfrac{41.82}{41+82} = \dfrac{82}{3}\Omega$.

Điện trở tương đương đoạn mạch AB: $R_{AB} = R_{AC} + R_7 = \dfrac{82}{3} + 20 = \dfrac{142}{3}\Omega$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}} = \dfrac{33}{142}.3 = \dfrac{99}{142}A$.

Hiệu điện thế hai đầu AC: $U_{AC} = IR_{AC} = \frac{99}{142}.\frac{82}{3} = \frac{1353}{71}$ V.

Cường độ dòng điện qua R₁: $I_1 = \frac{U_{AC}}{R_{13}} = \frac{1353}{71.41} = \frac{33}{71}$ A.

Hiệu điện thế hai đầu R₃: $U_3 = I_1R_3 = \frac{33}{71}.20 = \frac{660}{71}$ V.

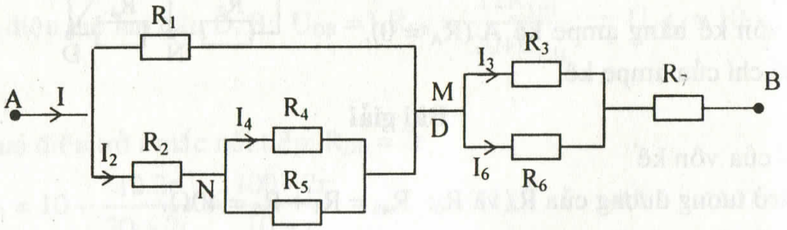
Cường độ dòng điện qua R₂: $I_2 = \frac{U_{AC}}{R_{246}} = \frac{1353}{71.82} = \frac{33}{142}$ A.

Hiệu điện thế hai đầu R₆: $U_6 = I_2R_6 = \frac{33}{142}.20 = \frac{330}{71}$ V

Số chỉ của vôn kế: $U_V = U_3 - U_6 = \frac{660}{71} - \frac{330}{71} = \frac{330}{71} = 4{,}65$ V

b) Số chỉ của ampe kế

Thay vôn kế bằng ampe kế, mạch điện được vẽ lại như sau:



Tại D: $I_4 + I_A = I_6 \Rightarrow I_A = I_6 - I_4$

Điện trở tương đương của đoạn mạch AND:

$$R_{AND} = R_2 + \frac{R_4R_5}{R_4+R_5} \Rightarrow R_{AND} = 42+\frac{20.30}{20+30} = 42 + 12 = 54\Omega$$

Điện trở tương đương của đoạn mạch AD:

$$R_{AD} = \frac{R_1R_{AND}}{R_1+R_{AND}} \Rightarrow R_{AD} = \frac{21.54}{21+54} = 15{,}12\Omega$$

Điện trở tương đương của R₃, R₆: $R_{36} = \frac{R_3R_6}{R_3+R_6} = \frac{20.20}{20+20} = 10\Omega$.

Điện trở tương đương mạch AB:

$R_{AB} = R_{AD} + R_{36} + R_7 = 15{,}12 + 10 + 20 = 45{,}12\,\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{33}{45{,}12} = \frac{275}{376}$ A.

Hiệu điện thế hai đầu A, D: $U_{AD} = IR_{AD} = \frac{275}{376}.15{,}12 = \frac{2079}{188}$ V.

Cường độ dòng điện qua R₂: $I_2 = \frac{U_{AD}}{R_{AND}} = \frac{2079}{188.54} = \frac{77}{376}$ A.

Hiệu điện thế hai đầu R₄: $U_4 = I_2R_{45} = \frac{77}{376}.12 = \frac{231}{94}$ V.

Cường độ dòng điện qua R₄: $I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{231}{94.20} = \frac{231}{1880}$ A.

Hiệu điện thế hai đầu R₆: $U_6 = IR_{36} = \frac{275}{376}.10 = \frac{2750}{376}$ V.

Cường độ dòng điện qua R₆: $I_6 = \frac{U_6}{R_6} = \frac{2750}{376.20} = \frac{275}{752}$ A.

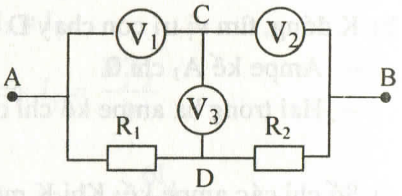
Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I_6 - I_4 = \frac{275}{752} - \frac{231}{1880} = 0{,}243$A.

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 0,243A.

6.9. Cho mạch điện như hình vẽ: $U_{AB} = 5$V, các vôn kế có điện trở giống nhau, V₂ chỉ 2V.

a) Tìm số chỉ V₃.

b) Biết $R_1 = 4{,}8R_2$. Tính R_V theo R₁, R₂.

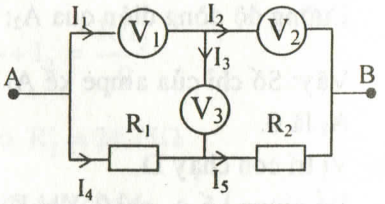


Bài giải

Ta có: $I_1 = I_2 + I_3$; $I_5 = I_3 + I_4$

$$\Leftrightarrow \frac{V_A - V_C}{R_V} = \frac{V_C - V_B}{R_V} + \frac{V_C - V_D}{R_V}$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_D - V_B}{R_2} = \frac{V_C - V_D}{R_V} + \frac{V_A - V_D}{R_1}$$



Chọn $V_B = 0 \Rightarrow V_A = U_{AB}$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{U_{AB} - V_C}{R_V} = \frac{V_C}{R_V} + \frac{V_C - V_D}{R_V} & (1) \\ \frac{V_D}{R_2} = \frac{V_C - V_D}{R_V} + \frac{U_{AB} - V_D}{R_1} & (2) \end{cases}$$

a) Số chỉ V₃: Từ (1) $\Rightarrow U_{AB} - U_2 = U_2 + U_3 \Rightarrow U_3 = U_{AB} - 2U_2 = 5 - 2.2 = 1$V.

Vậy: Số chỉ của vôn kế (3) là 1V.

b) Tính R_V theo R₁, R₂

Từ (2) suy ra: $\frac{V_D}{R_2} = \frac{U_3}{R_V} + \frac{5 - V_D}{R_1}$

$$\Rightarrow V_D\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=\frac{1}{R_V}+\frac{5}{R_1} \qquad (3)$$

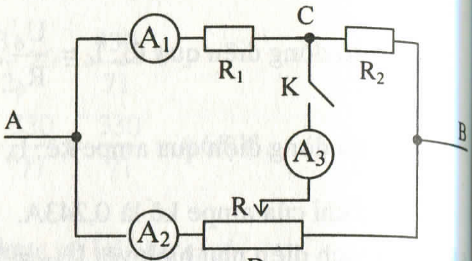
Từ (1) suy ra: $U_{AB} - U_2 = U_2 + U_2 - V_D \Rightarrow V_D = 3U_2 - U_{AB} = 1V$

Từ (3) suy ra: $\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{R_V}+\frac{5}{R_1} \Leftrightarrow \frac{1}{R_V}=\frac{1}{R_2}-\frac{4}{R_1}$ (4)

Thay $R_2 = \frac{R_1}{4,8}$ vào (4) ta được: $\frac{1}{R_V}=\frac{4,8}{R_1}-\frac{4}{R_1}=\frac{0,8}{R_1} \Rightarrow R_V = \frac{R_1}{0,8} = 1,25R_1$

$\Rightarrow R_V = 1,25.4,8R_2 = 6R_2$

Vậy: $R_V = 1,25R_1 = 6R_2$.



6.10. Cho mạch điện như hình vẽ:

$R_1 = 9\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R = 30\Omega$, $R_A = 0$,

$U_{AB} = 12,32V$.

a) K mở, tìm số chỉ các ampe kế.

b) K đóng, tìm vị trí con chạy D để:

- Ampe kế A_3 chỉ 0.
- Hai trong ba ampe kế chỉ cùng giá trị. Tính giá trị này.

Bài giải

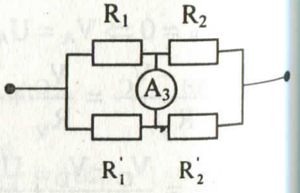
a) Số chỉ các ampe kế: Khi K mở, ampe kế A_3 chỉ số 0.

Cường độ dòng điện qua A_1: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1+R_2} = \frac{12,32}{9+6} = \frac{308}{375} \simeq 0,82A$.

Cường độ dòng điện qua A_2: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{12,32}{30} = \frac{154}{375} = 0,41A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế A_1 là 0,82A, của ampe kế A_2 là 0,41A, của ampe kế A_3 là 0.

b) Vị trí con chạy D



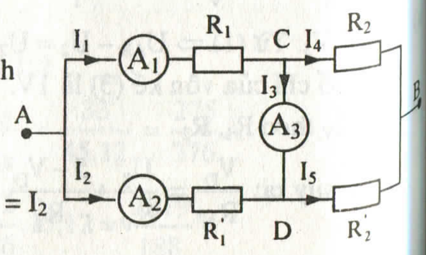
- Để ampe kế A_3 chỉ 0: Khi K đóng, ampe kế A_3 chỉ số 0: mạch cầu cân bằng:

Ta có: $R_1R_2' = R_2R_1'$

$\Leftrightarrow R_1(30-R_1') = R_2R_1' \Leftrightarrow 9(30-R_1') = 6R_1'$

$\Leftrightarrow 15R_1' = 270 \Rightarrow R_1' = 18\Omega; R_2' = 12\Omega$.

Vậy: Con chạy D phải ở vị trí chia R thành hai điện trở $R_1' = 18\Omega; R_2' = 12\Omega$.



- Để hai trong ba ampe kế chỉ cùng giá trị

Nếu ampe kế A_1 và A_2 chỉ cùng giá trị: $I_1 = I_2$

Mà $R_1 // R_1' \Leftrightarrow U_1 = U_1'$

$\Rightarrow R_1 = R_1' = 9\Omega \Rightarrow R_2' = 30\text{-}9 = 21\Omega$.

Điện trở tương đương của toàn mạch:

$$R_{AB} = \frac{R_1R_1'}{R_1+R_1'}+\frac{R_2R_2'}{R_2+R_2'} = \frac{9.9}{9+9}+\frac{6.21}{6+21} = \frac{55}{6}\Omega$$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{12,32}{55}.6 = 1,344A = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = \frac{1,344}{2} = 0,672A$$

+ Nếu ampe kế A_1 và A_3 chỉ cùng giá trị: $I_1 = I_3 \Rightarrow I_4 = 0$

$\Rightarrow R_2' = 0 \Rightarrow R_1' = 30\Omega$

Số chỉ của ampe kế A_1 và A_3 là: $I_1 = I_3 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{12,32}{9} \simeq 1,37A$.

+ Nếu ampe kế A_2 và A_3 chỉ cùng giá trị: $I_2 = I_3$

Ta có: $\left.\begin{array}{l} U_1 = I_1R_1 = 9I_1 \\ U_2 = I_2R_1' \end{array}\right\} \Rightarrow 9I_1 = R_1'I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{R_1'I_2}{9}$

$\left.\begin{array}{l} U_4 = I_4R_2 = 6I_4 \\ U_5 = I_5R_2' \end{array}\right\} \Rightarrow 6I_4 = R_2'I_5 \Rightarrow I_5 = \frac{6I_4}{R_2'}$

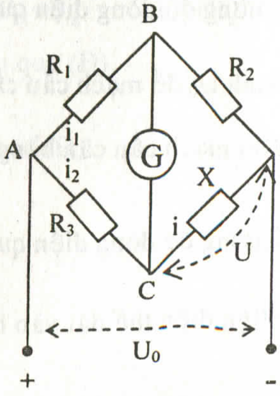
Mặt khác: $I_5 = I_2 + I_3 = 2I_2 = \frac{6I_4}{R_2'} \Rightarrow I_4 = \frac{I_2R_2'}{3}$

$\Rightarrow I_1 = I_4 + I_3 = I_4 + I_2 = \frac{R_1'I_2}{9} \Leftrightarrow \frac{I_2R_2'}{3} + I_2 = \frac{R_1'I_2}{9}$

$\Leftrightarrow \frac{R_1'}{9} = \frac{30-R_1'}{3} + 1 \Leftrightarrow R_1' = 99 - 3R_1' \Rightarrow R_1' = 24,75\Omega$

Vậy: Để 2 trong 3 ampe kế chỉ cùng giá trị thì con chạy D phải ở vị trí sao cho:

$R_1' = 9\Omega$; $R_1' = 30\Omega$; $R_1' = 24,75\Omega$.



6.11. Cho mạch cầu như hình vẽ. Các điện trở: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 1\Omega$; X là một varistor (điện trở phi tuyến) có dòng i phụ thuộc vào hiệu điện thế U đặt vào hai đầu varistor theo biểu thức $i = kU^2$.

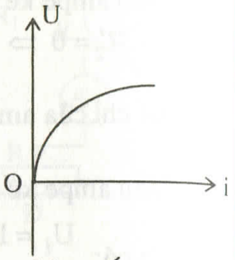
a) Vẽ đường đặc trưng vôn – ampe U = f(i) của varistor. Gọi $R = \dfrac{dU}{di}$ là điện trở tức thời của varistor. Có thể nói gì về điện trở này khi i biến thiên từ 0 đến $+\infty$.

b) Biết $k = 0{,}25A/V^2$. Người ta điều chỉnh hiệu điện thế $U_0 = U_{AD}$ để cầu cân bằng. Tính công suất P tiêu thụ trên varistor. Tính các dòng i_1, i_2 và hiệu điện thế U_0.

c) R_1, R_2, R_3 và k có giá trị bất kì. Tính U_0 để cầu cân bằng. Tính dòng I trong mạch chính. Thay X bằng một biến trở R, ta có cầu Uytxtơn. Hãy nêu sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uytxtơn và cầu nghiên cứu trong bài này?

Bài giải

a) Đường đặc trưng vôn – ampe U = f(i) của varistor



Ta có: $i = kU^2 \Rightarrow U = \dfrac{1}{\sqrt{k}}.\sqrt{i}$.

$$\Rightarrow R = \frac{d_U}{d_i} = \frac{1}{2\sqrt{k}}.1^{-1/2} = \frac{1}{2\sqrt{k}.\sqrt{i}}$$

Khi $i \to 0$ thì $R \to \infty$; khi $i \to \infty$ thì $R \to 0$: điện trở không phi tuyến.

b) Tính công suất P tiêu thụ trên varistor, tính các dòng i_1, i_2 và hiệu điện thế U_0

Vì mạch cầu cân bằng nên: $R_1.R = R_2R_3 \Rightarrow R = \dfrac{R_2R_3}{R_1} = \dfrac{4.1}{2} = 2\Omega$.

Cường độ dòng điện qua X: $i_2 = \dfrac{U_{CD}}{R} = \dfrac{\sqrt{i_2}}{\sqrt{k}.R}$.

$$\Rightarrow \sqrt{i_2} = \frac{1}{\sqrt{k}.R} \Rightarrow i_2 = \frac{1}{k.R^2} = \frac{1}{0{,}25.2^2} = 1A$$

Công suất tiêu thụ trên varistor: $P_X = Ri^2 = 2.1^2 = 2W$.

Hiệu điện thế hai đầu A,D: $U_O = i_2(R_3 + R) = 1.(1 + 2) = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_1: $i_1 = \dfrac{U_O}{R_1+R_2} = \dfrac{3}{2+4} = 0{,}5A$.

c) Tính U_0 để mạch cầu cân bằng

Khi mạch cầu cân bằng: $R_1R_X = R_2R_3 \Rightarrow R_X = \dfrac{R_2R_3}{R_1}$.

Cường độ dòng điện qua R_x: $I_2 = k.U_X^2 = k(I_2.R_X)^2 \Rightarrow I_2 = \dfrac{1}{kR_X^2}$.

Hiệu điện thế đặt vào hai đầu A, D:

$$U_O = I_2(R_3 + R_X) = \frac{R_3 + R_X}{kR_X^2} \Rightarrow U_O = \frac{R_3 + \dfrac{R_2R_3}{R_1}}{k\dfrac{R_2^2R_3^2}{R_1^2}} = \frac{R_1(R_1 + R_2)}{kR_2^2R_3}.$$

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \dfrac{U_O}{R_1 + R_2} = \dfrac{R_1(R_1 + R_2)}{kR_2^2R_3(R_1 + R_2)} = \dfrac{R_1}{kR_2^2R_3}$.

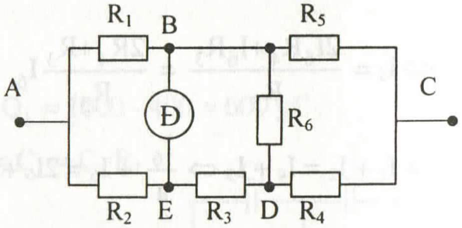
Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2$

$$\Rightarrow I = \frac{R_1}{kR_2^2R_3} + \frac{R_1^2}{kR_2^2R_3^2} = \frac{R_1}{kR_2^2R_3}(1 + \frac{R_1}{R_3}).$$

Khi thay X bằng biến trở, ta có cầu Uytxtơn. Sự giống nhau và khác nhau giữa cầu Uytxtơn và cầu nghiên cứu trong bài là:

+ Giống: Đều là mạch cầu được điều chỉnh để mạch cầu cân bằng hay không cân bằng.
+ Khác: Cầu Uytxtơn: điều chỉnh biến trở R còn hiệu điện thế đặt vào hai đầu đoạn mạch là không đổi; cầu nghiên cứu trong bài này là điều chỉnh U_O.

6.12. Cho mạch điện như hình vẽ, (Đ) là một điện kế.



a) $R_3 = R_4 = R$; $R_5 = 2R$. Đặt $a = \dfrac{R_1}{R_2}$; $b = \dfrac{R_6}{R_3}$. Tìm hệ thức liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua (Đ) khi đặt vào AC một hiệu điện thế không đổi.

b) $R_3 = R_6$; các điện trở khác bất kì. Đặt $a = \dfrac{R_1}{R_2}$; $c = \dfrac{R_4}{R_3+R_4}$; $d = \dfrac{R_5}{R_3+R_4}$. Tìm hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ).

Bài giải

a) Hệ thức liên hệ giữa a và b để không có dòng điện qua (Đ)

Để không có dòng điện qua (Đ) thì:

$$I_1R_1 = I_2R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{R_1}{R_2}I_1 = aI_1 \qquad (1)$$

$$I_2R_3 = I_6R_6 \Rightarrow I_2 = \frac{R_6}{R_3}I_6 = bI_6 \qquad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $I_1 = \frac{b}{a}I_6$ (3)

Mặt khác: $I_4 = I_2 + I_6 = I_6(b+1)$ (4)

$I_5R_5 = I_4R_4 + I_2R_2 \Leftrightarrow I_5 = \frac{I_4 + I_2}{2} = \frac{I_6(b+1) + bI_6}{2} = \frac{I_6(2b+1)}{2}$ (5)

và $I = I_1 + I_2 = I_4 + I_5$ (6).

Thay (2), (3), (4) và (5) vào (6) ta được:

$$\frac{b}{a}I_6 + bI_6 = I_6(b+1) + \frac{I_6(2b+1)}{2} \Rightarrow \frac{b}{a} + b = (b+1) + \frac{(2b+1)}{2}$$

$\Rightarrow 2ab + 3a = 2b$ (7)

Vậy: Hệ thức liên hệ giữa a, b để không có dòng điện qua (Đ) là: $2ab + 3a = 2b$.

b) Hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ)

Khi không có dòng điện qua (Đ): $R_3 = R_6 \Rightarrow b = 1$.

Từ (7) suy ra:

$a = \frac{2}{5}$; từ (2) suy ra: $I_2 = I_6$; từ (4) suy ra: $I_4 = 2I_6$; từ (3) suy ra: $I_1 = \frac{I_6}{a}$.

Mặt khác: $I_5R_5 = I_4R_4 + I_6R_6 \Rightarrow I_5 = \frac{I_4R_4 + I_6R_6}{R_5}$

$\Leftrightarrow I_5 = \frac{2I_6R_4 + I_6R_3}{R_5} = \frac{2R_4 + R_3}{R_5}I_6$ (8)

và $I_1 + I_2 = I_4 + I_5 \Leftrightarrow \frac{I_6}{a} + I_6 = 2I_6 + \frac{2R_4 + R_3}{R_5}I_6 \Leftrightarrow \frac{1}{a} + 1 = 2 + \frac{2R_4 + R_3}{R_5}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{a} = 1 + \frac{R_3 + R_4}{R_5} + \frac{R_4}{R_5} = 1 + \frac{1}{d} + \frac{c}{d} = 1 + \frac{1+c}{d}$$

Vậy: Hệ thức liên hệ giữa a, c và d để không có dòng điện qua (Đ) là

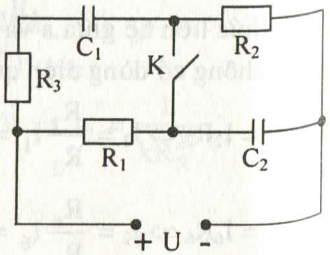
$\frac{1}{a} = \frac{1+c}{d} + 1$.

2. MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ CÓ TỤ ĐIỆN

6.13. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 10\Omega$, $C_1 = 20\mu F$, $C_2 = 30\mu F$, $U = 50V$.

a) Tính điện tích các tụ khi K mở, K đóng.

b) Ban đầu K mở. Tính điện lượng qua R_3 khi K đóng.



Bài giải

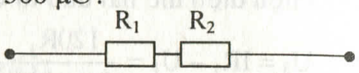
a) Điện tích các tụ khi K mở, K đóng

– Khi K mở, không có dòng điện qua các điện trở nên: $U_{C_1} = U_{C_2} = U$.

Điện tích trên tụ C₁: $Q_1 = C_1U_{C_1} = 20.10^{-6}.50 = 1000\ \mu C$.

Điện tích trên tụ C₂: $Q_2 = C_2U_{C_2} = 30.10^{-6}.50 = 1500\ \mu C$.

– Khi K đóng, mạch điện như sau:



+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{50}{20+30} = 1A$

+ Hiệu điện thế hai đầu R_1: $U_1 = IR_1 = 1.20 = 20V$.

+ Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_2 = IR_2 = 1.30 = 30V$.

+ Điện tích trên tụ C_1: $Q_1 = C_1U_1 = 20.20 = 400\ \mu C$.

+ Điện tích trên tụ C_2: $Q_2 = C_2U_2 = 30.30 = 900\ \mu C$.

Vậy: Khi K mở, điện tích trên các tụ điện là $Q_1 = 1000\mu C$, $Q_2 = 1500\mu C$; khi K đóng, điện tích trên các tụ điện là $Q_1 = 400\mu C$, $Q_2 = 900\mu C$.

b) Điện lượng qua R_3 khi K đóng

Ban đầu K mở: $Q_1 = 1000\ \mu C$

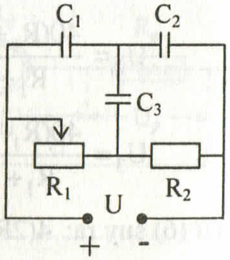
Sau đó K đóng: $Q_1' = 400\ \mu C$.

Điện lượng qua R_3 khi K đóng: $\Delta Q = Q_1 - Q_1' = 1000 - 400 = 600\ \mu C$.

6.14. Cho mạch điện như hình vẽ: $C_1 = C_2 = C_3 = C$, R_1 là biến trở, $R_2 = 600\Omega$, $U = 120V$.

a) Tính hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1. Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$.

b) Biết hiệu điện thế giới hạn mỗi tụ là 70V. Hỏi R_1 có thể thay đổi trong khoảng giá trị nào?



Bài giải

a) Hiệu điện thế giữa hai bản mỗi tụ theo R_1

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{120}{R_1 + 600}$.

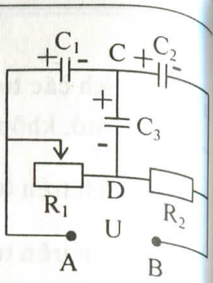
Ta có: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} \Leftrightarrow IR_1 = U_1 + U_3$ (1)

$U_{DB} = U_{DC} + U_{CB} \Leftrightarrow IR_2 = -U_3 + U_2$ (2)

$-Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

$\Leftrightarrow -C_1U_{AC} + C_2U_{CB} + C_3U_{CD} = 0 \Leftrightarrow -U_1 + U_2 + U_3 = 0$

$\Leftrightarrow U_2 = U_1 - U_3$ (3)



Thay (3) vào (2) ta được: $IR_2 = U_1 - 2U_3$ (4)

Từ (1) suy ra: $2IR_1 = 2U_1 + 2U_3$ (5)

Lấy (4) cộng với (5): $3U_1 = I(2R_1 + R_2)$

$$\Rightarrow U_1 = \frac{I}{3}(2R_1 + R_2) = \frac{40}{R_1+600}(2R_1+600) = \frac{40(2R_1+600)}{R_1+600}$$

Hiệu điện thế hai đầu tụ C_3:

$$U_3 = IR_1 - U_1 = \frac{120R_1}{R_1+600} - \frac{40(2R_1+600)}{R_1+600} = \frac{40(R_1-600)}{R_1+600}$$

Hiệu điện thế hai đầu tụ C_2:

$$U_2 = U_1 - U_3 = \frac{40(2R_1+600)}{R_1+600} - \frac{40(R_1-600)}{R_1+600} = \frac{40(R_1+1200)}{R_1+600}$$

Áp dụng với $R_1 = 400\Omega$ ta được:

$$U_1 = \frac{40.(2.400+600)}{400+600} = 56V; \quad U_2 = \frac{40.(400+1200)}{400+600} = 64V$$

$$U_3 = \frac{40.(400-600)}{400+600} = -8V$$

Vì $U_3 < 0$ nên cực dương của tụ C_3 gắn với D, cực âm của tụ C_3 gắn với C.

Vậy: Hiệu điện thế giữa hai bản của các tụ điện là 56V, 64V và 8V.

b) Giới hạn của R_1

Ta có: $U_1 = \dfrac{40(2R_1+600)}{R_1+600} \le 70$ (6)

$U_2 = \dfrac{40(R_1+1200)}{R_1+600} \le 70$ (7)

$U_3 = \dfrac{40(R_1-600)}{R_1+600} \le 70$ (8)

Từ (6) suy ra: $4(2R_1 + 600) \le 7(R_1 + 600)$

$\Rightarrow R_1 \le 1800\Omega$ (9)

Từ (7) suy ra: $4(R_1+1200) \le 7(R_1+600)$

$\Rightarrow R_1 \ge 200\Omega$ (10)

Từ (8) suy ra: $4(R_1 - 600) \le 7(R_1+600)$

$\Rightarrow R_1 \ge -2200\Omega$ (11)

Từ (9), (10), (11) suy ra: $200\Omega \le R_1 \le 1800\Omega$.

Vậy: R_1 có thể thay đổi trong khoảng từ 200Ω đến 1800Ω.

Chuyên đề 7:

ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

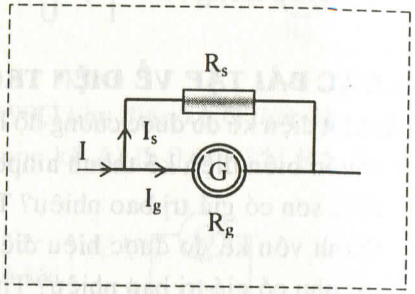
A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

Để mở rộng thang đo của ampe kế và vôn kế người ta mắc thêm sơn R_s (trong ampe kế) và điện trở phụ R_p (trong vôn kế).

I. Ampe kế

- Cấu tạo: Gồm sơn R_s mắc song song với điện kế G.
- Công thức: Gọi I là cường độ dòng điện cần đo, I_g là cường độ dòng điện qua điện kế G, I_s là cường độ dòng điện qua sơn R_s.

$$I = \left(1 + \frac{R_g}{R_s}\right) I_g$$

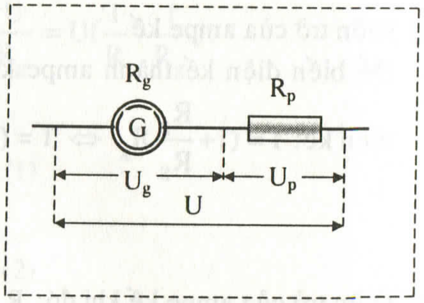


- Nhận xét: Cường độ dòng điện cần đo lớn hơn cường độ dòng điện qua điện kế $\left(1 + \dfrac{R_g}{R_s}\right)$ lần nghĩa là thang đo được mở rộng $\left(1 + \dfrac{R_g}{R_s}\right) = (1+n)$ lần và $\dfrac{R_g}{R_s}$ càng lớn thì thang đo càng được mở rộng.

II. Vôn kế

- Cấu tạo: Gồm điện trở phụ R_p mắc nối tiếp với điện kế G.
- Công thức: Gọi U là hiệu điện thế cần đo, U_p là hiệu điện thế hai đầu điện kế G, U_p là hiệu điện thế hai đầu điện trở phụ R_p.

$$U = \left(1 + \frac{R_p}{R_g}\right) U_g$$



- Nhận xét: Hiệu điện thế cần đo lớn hơn hiệu điện thế hai đầu điện kế $\left(1 + \dfrac{R_p}{R_g}\right)$ lần nghĩa là thang đo được mở rộng $\left(1 + \dfrac{R_p}{R_g}\right) = (1+n)$ lần và $\dfrac{R_p}{R_g}$ càng lớn thì thang đo càng được mở rộng.

Chú ý: Khi thang đo của các dụng cụ đo được mở rộng m lần thì độ nhạy của các dụng cụ đo giảm m lần.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

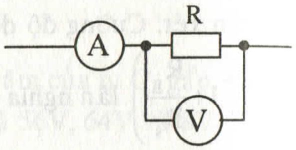
- Khi sử dụng các công thức của ampe kế và vôn kế cần xác định đúng giá trị cần đo (U, I) và giá trị của điện kế (U_g, I_g).
- Gọi n là giá trị một độ chia trên điện kế, X là độ lệch của điện kế, ta có: $I_g = nX$; $U_g = nX$
- Phân biệt giữa sai số tuyệt đối và sai số tương đối của phép đo:
  - + Sai số tuyệt đối: $\Delta I = |I - I'|$; $\Delta U = |U - U'|$.
  - + Sai số tương đối: $\dfrac{\Delta I}{I}$; $\dfrac{\Delta U}{U}$.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN

7.1. Một điện kế đo được cường độ lớn nhất là 0,1A. Điện trở của điện kế bằng 1Ω.

a) Muốn biến điện kế thành ampe kế đo được cường độ lớn nhất bằng 1A, phải mắc sơn có giá trị bao nhiêu? Tính điện trở ampe kế đó. b) Muốn biến điện kế thành vôn kế đo được hiệu điện thế lớn nhất bằng 10V, phải mắc thêm điện trở phụ có giá trị bao nhiêu? Tính điện trở vôn kế đó.

c) Để đo điện trở R người ta dùng ampe kế và vôn kế nói trong hai câu trên, mắc theo sơ đồ như hình bên. Biết ampe kế chỉ 0,15A, vôn kế chỉ 5V. Tính giá trị đúng của R.



Bài giải

a) Điện trở của ampe kế

Để biến điện kế thành ampe kế, ta phải mắc thêm một sơn song song với điện kế: $I = (1+\dfrac{R_g}{R_S})I_g \Leftrightarrow 1 = (1+\dfrac{1}{R_S}).0,1 \Rightarrow R_S = \dfrac{1}{\dfrac{1}{0,1}-1} = \dfrac{1}{9}\Omega$.

Điện trở của ampe kế khi đó: $R_A = \dfrac{R_g.R_S}{R_g+R_S} = \dfrac{1.\dfrac{1}{9}}{1+\dfrac{1}{9}} = \dfrac{1}{10}\Omega$.

Vậy: Điện trở của sơn là $R_S = \dfrac{1}{9}\Omega$, điện trở của ampe kế là $R_A = \dfrac{1}{10}\Omega$.

b) Điện trở của vôn kế

Để biến điện kế thành vôn kế, ta phải mắc thêm một điện trở phụ nối tiếp với điện kế: $U = (1+\dfrac{R_P}{R_g}).U_g$

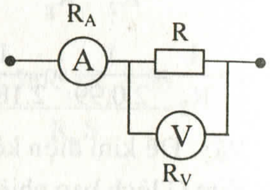
Hiệu điện thế lớn nhất mà điện kế đo được: $U_g = 0,1.1 = 0,1V$.

$$\Rightarrow 10 = (1+\frac{R_P}{1}).0,1 \Rightarrow R_P = \frac{10}{0,1} - 1 = 99\Omega$$

Điện trở của vôn kế khi đó: $R_V = R_P + R_g = 99 + 1 = 100\,\Omega$.

Vậy: Điện trở của điện trở phụ là $R_P = 99\,\Omega$; điện trở của vôn kế là $R_V = 100\Omega$.

c) Giá trị đúng của R

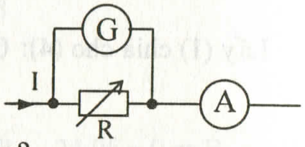


Cường độ dòng điện qua ampe kế:

$$I = \frac{U_V}{R} + \frac{U_V}{R_V} \Rightarrow R = \frac{U_V}{I - \dfrac{U_V}{R_V}} = \frac{5}{0,15 - \dfrac{5}{100}} = 50\Omega.$$

Vậy: Giá trị đúng của R là $R = 50\,\Omega$.

7.2. Cho mạch điện như hình vẽ. Khi $R = R_1 = 0,99\Omega$ kim điện kế G lệch 30 vạch chia độ và cường độ mạch chính (cho bởi ampe kế A) là 0,6A. Khi $R = R_2 = 0,19\Omega$, G lệch 20 độ chia, $I_A = 2A$.



a) Tính R_g.

b) Tìm R_2 để kim điện kế lệch một vạch chia độ khi cường độ mạch chính là 10mA.

c) $R = 0,047\Omega$, khi $I_A = 2A$, kim G lệch bao nhiêu độ chia?

d) Để biến G thành vôn kế mà mỗi độ chia ứng với 1V, ta phải làm sao?

Bài giải

a) Tính R_g

Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = \dfrac{U}{R} + \dfrac{U}{R_g} = U(\dfrac{1}{R} + \dfrac{1}{R_g})$.

Gọi n là giá trị của một độ chia:

+ Khi $R = R_1$: $0,6 = 30n(\dfrac{1}{0,99} + \dfrac{1}{R_g})$ (1)

+ Khi $R = R_2$: $2 = 20n(\dfrac{1}{0,19} + \dfrac{1}{R_g})$ (2)

$$\Rightarrow \frac{\dfrac{1}{0,99} + \dfrac{1}{R_g}}{\dfrac{1}{0,19} + \dfrac{1}{R_g}} = 0,2 \Leftrightarrow \frac{1}{0,99} + \frac{1}{R_g} = \frac{0,2}{0,19} + \frac{0,2}{R_g} \Rightarrow R_g = 18,81\Omega$$

Vậy: Điện trở của điện kế là $R_g = 18,81\Omega$.

b) Tìm R_2 để kim điện kế lệch một vạch chia độ

Để $I = 10mA \Leftrightarrow nA = 0,01A$ thì $0,01 = n(\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_g})$ (3)

Lấy (1) chia cho (3) ta được:

$$60 = \frac{30(\frac{1}{0,99}+\frac{1}{R_g})}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_g}} \Leftrightarrow 2(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{18,81}) = \frac{1}{0,99}+\frac{1}{18,81}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2.0,99}+\frac{1}{2.18,81}-\frac{1}{18,81} = \frac{100}{209} \Rightarrow R_2 = 2,09\Omega.$$

Vậy: Để kim điện kế lệch một vạch chia độ thì $R_2 = 2,09\,\Omega$.

c) Kim G lệch bao nhiêu độ chia

Khi $R = 0,047\Omega$ thì $I_A = 2A$: $2 = n(\frac{1}{0,047}+\frac{1}{R_g})$ (4)

Lấy (1) chia cho (4): $0,3 = \frac{30}{X}\left(\frac{\frac{1}{0,99}+\frac{1}{R_g}}{\frac{1}{0,047}+\frac{1}{R_g}}\right) \Rightarrow X = \frac{30(\frac{1}{0,99}+\frac{1}{18,81})}{0,3(\frac{1}{0,047}+\frac{1}{18,81})} = 5$

$\Rightarrow$ kim điện kế lệch 5 độ chia.

d) Cách biến G thành vôn kế

Để biến G thành vôn kế, ta mắc nối tiếp G với một điện trở phụ R_P. Lúc đó:

Từ (1) suy ra: $0,6 = 30n(\frac{1}{0,99}+\frac{1}{R_g}) \Rightarrow n = \frac{0,6}{30(\frac{1}{0,99}+\frac{1}{18,81})} = 0,01881$

Trước khi mắc thêm R_P, mỗi độ chia ứng với 0,01881V; sau khi mắc thêm R_P, mỗi độ chia ứng với 1V:

Từ $U = (1+\frac{R_P}{R_g})U_g \Rightarrow R_P = R_g(\frac{U}{U_g}-1) = 18,81(\frac{1}{0,01881}-1) = 981,19\Omega$.

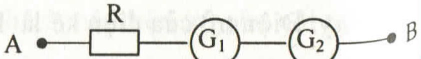
Vậy: Để biến G thành vôn kế phải mắc thêm điện trở phụ $R_P = 981,19\,\Omega$ nối tiếp với G.

7.3. Cho mạch điện như hình vẽ, U_{AB} không đổi, $R = 2\Omega$, hai điện kế giống nhau, kim của mỗi điện kế lệch 32 độ chia. Mắc thêm điện trở $S = 8\Omega$ song song với một trong hai điện kế, kim điện kế đó chỉ lệch 12,5 độ chia.

a) Tính R_g.

b) U = 3,2V. Tính giá trị mỗi độ chia của G.

c) Nếu mạch chỉ còn R và một điện kế cùng với S mắc song song điện kế thì số chỉ của điện kế là bao nhiêu?



Bài giải

a) Tính R_g

- Khi chưa mắc thêm điện trở S: Gọi n là giá trị mỗi độ chia trên G, ta có:

$$I = \frac{U}{R+2R_g} = 32n \qquad (1)$$

- Khi mắc thêm điện trở S:

$$I = \frac{U}{R+\frac{R_g.S}{R_g+S}+R_g} = \frac{U_1}{R_A} \Leftrightarrow \frac{U}{R+\frac{R_g.S}{R_g+S}+R_g} = \frac{12,5nR_g(R_g+S)}{R_gS}$$

$$\Leftrightarrow \frac{U}{(R_g+R).(R_g+S)+R_g.S} = \frac{12,5n}{8} \qquad (2)$$

- Lấy (1) chia cho (2): $\frac{(R+R_g).(S+R_g)+R_gS}{R+2R_g} = 20,48$

$$\Leftrightarrow (2+R_g).(8+R_g)+8R_g = 20,48.(2+2R_g)$$

$$\Leftrightarrow 16+18R_g+R_g^2 = 40,96+40,96R_g \Leftrightarrow R_g^2-22,96R_g-24,96 = 0 \Rightarrow R_g = 24\Omega$$

Vậy: Điện trở mỗi điện kế là $R_g = 24\,\Omega$.

b) Giá trị mỗi độ chia của G: Với U = 3,2V thì từ (1), ta có:

$$n = \frac{U}{32(R+2R_g)} = \frac{3,2}{32(2+2.24)} = 2.10^{-3}A = 2\ mA$$

Vậy: Giá trị mỗi độ chia của G là n = 2 mA.

c) Số chỉ của điện kế

Nếu mạch chỉ còn R, G và S mắc song song với G thì:

$$I = \frac{U}{R+\frac{R_g.S}{R_g+S}} = X.n \qquad (3),$$ (với X là độ lệch của kim điện kế).

Lấy (3) chia cho (1): $\frac{X}{32} = \frac{R+2R_g}{R+\frac{R_g.S}{R_g+S}} \Rightarrow X = 32(\frac{2+2.24}{2+\frac{24.8}{24+8}}) = 200$.

Vậy: Điện kế lệch 200 độ chia.

7.4. Một điện kế nếu lần lượt mắc thêm sơn s_1, s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng lần lượt là n_1, n_2. Hỏi giá trị mỗi độ chia của điện kế tăng bao nhiêu lần, nếu dùng cả hai sơn:

a) Mắc nối tiếp

b) Mắc song song.

Bài giải

Khi mắc thêm sơn s_1 thì giá trị mỗi độ chia tăng n_1 lần:

$$\frac{I}{I_{g_1}} = 1 + \frac{R_g}{s_1} = n_1 \Rightarrow \frac{R_g}{s_1} = n_1 - 1 \qquad (1)$$

Khi mắc thêm sơn s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng n_2 lần:

$$\frac{I}{I_{g_2}} = 1 + \frac{R_g}{s_2} = n_2 \Rightarrow \frac{R_g}{s_2} = n_2 - 1 \qquad (2)$$

a) Mắc nối tiếp

Khi mắc s_1 nối tiếp s_2 thì giá trị mỗi độ chia tăng:

$$\frac{I}{I_{g_3}} = 1 + \frac{R_g}{s_1 + s_2} = n_3 \qquad (3)$$

Lấy (1) cộng (2): $R_g(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2}) = n_1 + n_2 - 2$ (4)

Lấy (1) nhân (2): $\frac{R_g^2}{s_1 s_2} = (n_1 - 1)(n_2 - 1)$ (5)

Lấy (5) chia (1): $\frac{R_g}{s_1 + s_2} = \frac{(n_1 - 1)(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$

Từ (3) suy ra: $n_3 = 1 + \frac{(n_1 - 1)(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \Rightarrow n_3 = \frac{n_1 + n_2 - 2 + n_1 n_2 - n_1 - n_2 + 1}{n_1 + n_2 - 2} = \frac{n_1 n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 2}$

Vậy Khi hai sơn mắc nối tiếp, giá trị mỗi độ chia tăng lên $n_3 = \frac{n_1 n_2 - 1}{n_1 + n_2 - 2}$ lần.

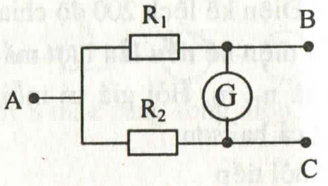
b) Mắc song song

Khi mắc s_1 song song s_2: $\frac{I}{I_{g_4}} - 1 + R_g(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2}) = n_4$ (6)

Lấy (1) cộng (2): $R_g(\frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_2}) = n_1 + n_2 - 2 \Rightarrow n_4 = 1 + n_1 + n_2 - 2 = n_1 + n_2 - 1$.

Vậy: Khi hai sơn mắc song song, giá trị mỗi độ chia tăng lên $n_4 = n_1 + n_2 - 1$.

7.5. Một ampe kế có mắc hai điện trở phụ R_1, R_2 như hình vẽ. Khi sử dụng đầu A, B thang đo (so với khi không có điện trở phụ) tăng n_1 lần. Khi dùng đầu A, C thang đo tăng n_2 lần.



---

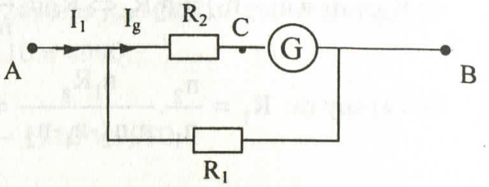
a) Hỏi khi sử dụng các đầu B, C thang đo tăng bao nhiêu lần.

b) Điện trở điện kế là R_g. Tính R_1, R_2.

Bài giải

- Khi sử dụng đầu vào là A, đầu ra là B thì mạch điện được vẽ lại như sau:

Theo sơ đồ này R_1 là sơn nên:



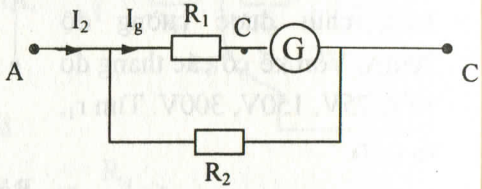
$$I_1 = I_g(1 + \frac{R_2 + R_g}{R_1})$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_g} = 1 + \frac{R_2 + R_g}{R_1} = n_1$$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_1 R_1 \qquad (1)$$

- Khi sử dụng đầu vào là A, đầu ra là C thì mạch điện được vẽ lại như sau:

Theo sơ đồ này R_2 là sơn nên:



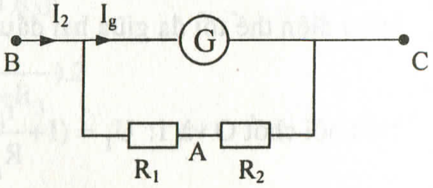
$$I_2 = I_g(1 + \frac{R_1 + R_g}{R_2}).$$

$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_g} = 1 + \frac{R_1 + R_g}{R_2} = n_2$$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_2 R_2 \qquad (2)$$

a) Khi dùng đầu vào là B, đầu ra là C, ta có:

Theo sơ đồ này [R_1 nt R_2] là sơn nên:



$$I_3 = I_g(1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}).$$

$$\Rightarrow \frac{I_3}{I_g} = 1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2} = n_3 \Rightarrow R_1 + R_2 + R_g = n_3(R_1 + R_2) \qquad (3)$$

Từ (1), (2) suy ra: $n_1 R_1 = n_2 R_2 \Rightarrow R_1 = \frac{n_2 R_2}{n_1}$ (4)

Từ (2), (3) suy ra: $n_2 R_2 = n_3(R_1 + R_2) = n_3(\frac{n_2 R_2}{n_1} + R_2) = n_3(\frac{n_2}{n_1} + 1)R_2$

$$\Rightarrow n_2 = n_3(\frac{n_1 + n_2}{n_1}) \Rightarrow n_3 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

Vậy: Khi sử dụng các đầu B, C thang đo tăng lên $n_3 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$ lần.

b) Tính R_1, R_2

Thay (4) vào (1), ta được:

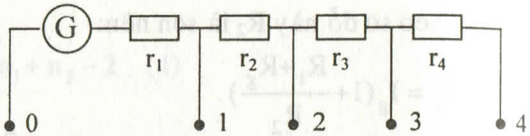
$$\frac{n_2R_2}{n_1}+R_2+R_g = n_1.\frac{n_2R_2}{n_1} \Leftrightarrow n_2R_2 + n_1R_2 + n_1R_g = n_1n_2R_2$$

$$\Leftrightarrow R_2(n_1n_2 - n_1 - n_2) = n_1R_g \Leftrightarrow R_2 = \frac{n_1R_g}{n_1n_2-n_1-n_2}$$

Từ (4) suy ra: $R_1 = \frac{n_2}{n_1}.\frac{n_1R_g}{n_1n_2-n_1-n_2} = \frac{n_2R_g}{n_1n_2-n_1-n_2}$.

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_1 = \frac{n_2R_g}{n_1n_2-n_1-n_2}$; $R_2 = \frac{n_1R_g}{n_1n_2-n_1-n_2}$.

7.6. Vôn kế có cấu tạo như hình vẽ. Điện kế có điện trở $R_g = 10\Omega$, chịu được cường độ 30mA. Vôn kế có các thang đo 15V, 75V, 150V, 300V. Tìm r_1, r_2, r_3, r_4.



Bài giải

Hiệu điện thế tối đa giữa hai đầu điện kế: $U_g = I_gR_g = 0{,}03.10 = 0{,}3V$.

Hiệu điện thế tối đa giữa hai đầu vôn kế: $U = (1+\frac{R_p}{R_g}).U_g$

Nếu nối chốt O và 1: $U_1 = (1+\frac{r_1}{R_g}).U_g$.

$$\Leftrightarrow 15 = (1+\frac{r_1}{10}).0{,}3 \qquad (1)$$

Nếu nối chốt O và 2: $U_2 = (1+\frac{r_1+r_2}{R_g}).U_g$.

$$\Leftrightarrow 75 = (1+\frac{r_1+r_2}{10}).0{,}3 \qquad (2)$$

Nếu nối chốt O và 3: $U_3 = (1+\frac{r_1+r_2+r_3}{R_g}).U_g$

$$\Leftrightarrow 150 = (1+\frac{r_1+r_2+r_3}{10}).0{,}3 \qquad (3)$$

Nếu nối chốt O và 4: $U_4 = (1+\frac{r_1+r_2+r_3+r_4}{R_g}).U_g$

$$\Leftrightarrow 300 = (1+\frac{r_1+r_2+r_3+r_4}{10}).0{,}3 \qquad (4)$$

Từ (1) suy ra: $r_1 = (15:0{,}3 - 1).10 = 490\Omega$.

Từ (2) suy ra: $r_1 + r_2 = (75:0{,}3 - 1).10 = 2490 \Rightarrow r_2 = 2490 - 490 = 2000\Omega$.

Từ (3) suy ra: $r_1 + r_2 + r_3 = (150:0{,}3 - 1).10 = 4990$

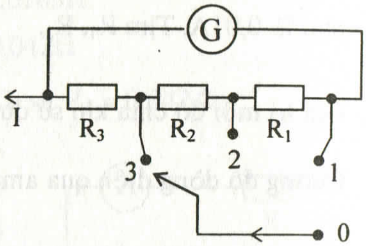
$\Rightarrow r_3 = 4990 - 2490 = 2500\Omega$.

Từ (4) suy ra: $r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = (300:0{,}3 - 1).10 = 9990$

$\Rightarrow r_4 = 9990 - 4990 = 5000\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở là $r_1 = 490\,\Omega$; $r_2 = 2000\,\Omega$; $r_3 = 2500\,\Omega$ và $r_4 = 5000\,\Omega$.

7.7. Miliampe kế có cấu tạo như hình vẽ. Điện kế có $R_g = 40\Omega$ chịu được cường độ 2mA. Máy đo có các thang đo $I_1 = 10$mA, $I_2 = 30$mA, $I_3 = 100$mA. Tìm R_1, R_2, R_3.



Bài giải

Cường độ dòng điện tối đa qua ampe kế: $I = (1+\frac{R_g}{R_S}).I_g$.

Nếu nối với chốt (1) thì sơn gồm [R_1 nt R_2 nt R_3]:

$$I_1 = (1+\frac{R_g}{R_1+R_2+R_3}).I_g \Leftrightarrow 10 = (1+\frac{40}{R_1+R_2+R_3}).2$$

$$\Rightarrow R_1+R_2+R_3 = \frac{40}{\frac{10}{2}-1} = 10 \qquad (1)$$

Nếu nối với chốt (2) thì sơn gồm [R_2 nt R_3]:

$$I_2 = (1+\frac{R_g+R_1}{R_2+R_3}).I_g \Leftrightarrow 30 = (1+\frac{40+R_1}{R_2+R_3}).2 \Leftrightarrow \frac{40+R_1}{R_2+R_3} = \frac{30}{2}-1 = 14$$

$$\Rightarrow R_1 - 14R_2 - 14R_3 = -40 \qquad (2)$$

Nếu nối với chốt (3) thì sơn là R_3:

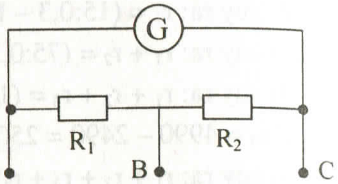
$$I_3 = (1+\frac{R_g+R_1+R_2}{R_3}).I_g \Leftrightarrow 100 = (1+\frac{40+R_1+R_2}{R_3}).2$$

$$\Leftrightarrow \frac{40+R_1+R_2}{R_3} = \frac{100}{2}-1 = 49 \Rightarrow R_1 + R_2 - 49R_3 = -40 \qquad (3)$$

– Ta có hệ: $\begin{cases} R_1 + R_2 + R_3 = 10 \\ R_1 - 14R_2 - 14R_3 = -40 \\ R_1 + R_2 - 49R_3 = -40 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 6{,}67\Omega \\ R_2 = 2{,}33\Omega \\ R_3 = 1\Omega \end{cases}$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2, R_3 là $R_1 = 6{,}67\,\Omega$; $R_2 = 2{,}33\,\Omega$; $R_3 = 1\,\Omega$.

7.8. Ampe kế có cấu tạo như hình vẽ. Nếu sử dụng hai chốt A, B thì giá trị mỗi độ chia của ampe kế là 1A; nếu sử dụng hai chốt B, C thì giá trị mỗi độ chia là 0,25A.



a) Tìm giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C.

b) Biết điện trở điện kế g = 1Ω và giá trị mỗi độ chia khi không sử dụng điện trở phụ là 0,01A. Tìm R_1, R_2.

Bài giải

a) Giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C

Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I = (1 + \frac{R_g}{R_S}).I_g$.

Nếu sử dụng chốt A, B thì: $I_1 = (1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}).I_g$ (1)

Nếu sử dụng chốt B, C thì: $I_2 = (1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}).I_g$ (2)

Nếu sử dụng chốt A, C thì: $I_3 = (1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}).I_g$ (3)

$$\text{Ta có: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{0{,}25} = \frac{1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}} = 4 \Leftrightarrow \frac{R_2}{R_1} = 4$$

Gọi n là giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C:

$$\frac{I_3}{I_2} = \frac{n}{0{,}25} = \frac{1 + \frac{R_g}{R_1 + R_2}}{1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{\frac{R_1}{R_2} + 1} = \frac{1}{\frac{1}{4} + 1} \Rightarrow n = 0{,}25.\frac{1}{1{,}25} = 0{,}2A$$

Vậy: Giá trị mỗi độ chia khi sử dụng hai chốt A, C là 0,2A.

b) Tìm R_1, R_2

Ta có: $\frac{I_1}{I_g} = 1 + \frac{R_g + R_2}{R_1}$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{0{,}01} = 1 + \frac{1 + R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{1 + R_2}{R_1} = 99 \quad (4)$$

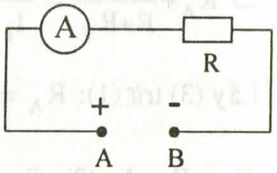
và: $\frac{I_2}{I_g} = 1 + \frac{R_g + R_1}{R_2}$

$$\Leftrightarrow \frac{0{,}25}{0{,}01} = 1 + \frac{1 + R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{1 + R_1}{R_2} = 24 \quad (5)$$

Từ (4) và (5) suy ra: $\begin{cases} 99R_1 - R_2 = 1 \\ R_1 - 24R_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 = 0{,}0105\Omega \\ R_2 = 0{,}042\Omega \end{cases}$

Vậy: Giá trị các điện trở R_1 và R_2 là $R_1 = 0{,}0105\,\Omega$ và $R_2 = 0{,}042\,\Omega$.

7.9. Để tìm cường độ dòng điện qua điện trở R = 75Ω, người ta mắc nối tiếp với R một ampe kế (R_A = 5Ω). Biết U_{AB} không đổi. Tìm sai số tương đối của phép đo khi coi cường độ qua R trước và sau khi mắc ampe kế như nhau.



Bài giải

Cường độ dòng điện qua R khi chưa mắc ampe kế: $I = \frac{U}{R}$.

Cường độ dòng điện qua R khi mắc thêm ampe kế: $I' = \frac{U}{R + R_A}$.

Sai số tương đối của phép đo cường độ dòng điện qua R:

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I - I'}{I} = \frac{\frac{U}{R} - \frac{U}{R + R_A}}{\frac{U}{R}} = \frac{R_A}{R(R + R_A)}.R = \frac{R_A}{R + R_A}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta I}{I} = \frac{5}{75 + 5} = 0{,}0625 = 6{,}25\%.$$

Vậy: Sai số tương đối của phép đo là $\frac{\Delta I}{I} = 6{,}25\%$.

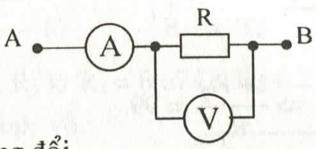
7.10. Đo R theo hai cách như hình vẽ, số chỉ của các máy đo trong các trường hợp:

(1) là $I_1 = 2{,}06A$; $U_1 = 49{,}6V$.

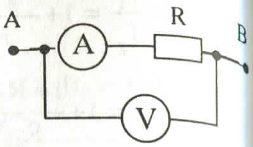
(2) là $I_2 = 1{,}49A$; $U_2 = 50V$.

Tìm R, R_A, R_V. Biết U_{AB} không đổi.

(1)



(2)



Bài giải

– Trường hợp (1): $\dfrac{U_1}{I_1} = \dfrac{R.R_V}{R+R_V} = \dfrac{49{,}6}{2{,}06} = \dfrac{2480}{103}$ (1)

– Trường hợp (2): $\dfrac{U_2}{I_2} = R+R_A = \dfrac{50}{1{,}49} = \dfrac{5000}{149}$ (2)

– Mặt khác: $U_2 = U_{AB}$ nên: $U_{AB} = I_1\left(R_A + \dfrac{RR_V}{R+R_V}\right) = U_2$

$\Rightarrow R_A + \dfrac{RR_V}{R+R_V} = \dfrac{U_2}{I_1} = \dfrac{50}{2{,}06} = \dfrac{2500}{103}$ (3)

– Lấy (3) trừ (1): $R_A = \dfrac{2500}{103} - \dfrac{2480}{103} = 0{,}194\Omega$.

– Thay R_A vào (2): $R = \dfrac{5000}{149} - 0{,}194 = 33{,}36\Omega$.

– Thay R vào (1): $\dfrac{33{,}36R_V}{33{,}36 + R_V} = \dfrac{2480}{103}$.

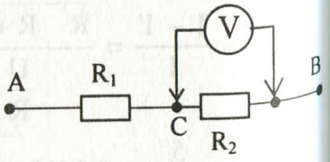
$\Rightarrow 956{,}08R_V = 82732{,}8 \Rightarrow R_V = 86{,}53\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở $R = 33{,}36\Omega$; $R_A = 0{,}194\Omega$; $R_V = 86{,}53\Omega$.

7.11. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 60\Omega$ và $R_2 = 100\Omega$ mắc nối tiếp vào AB, $U_{AB} = 120V$ (không đổi).

a) Tính U_2.

b) Mắc vôn kế $R_V = 900\Omega$ vào C, B, tìm số chỉ vôn kế và sai số tương đối khi coi U_2 bằng số chỉ vôn kế. Để sai số tương đối không quá 1% thì R_V phải là bao nhiêu?



Bài giải

a) Tính U_2

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{U_{AB}}{R_1+R_2} = \dfrac{120}{60+100} = 0{,}75A$.

Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_2 = IR_2 = 0{,}75.100 = 75V$.

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu R_2 là $U_2 = 75V$.

b) Giá trị R_V để sai số tương đối không quá 1%

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}}$

$$\Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{R_1 + \dfrac{R_2R_V}{R_2+R_V}} = \frac{120}{60 + \dfrac{100.900}{100+900}} = \frac{120}{60+90} = 0{,}8A$$

Hiệu điện thế hai đầu R_2: $U_2 = I.\dfrac{R_2R_V}{R_2+R_V} = 0{,}8.90 = 72V$.

Đó chính là số chỉ của vôn kế.

Sai số tương đối: $\dfrac{\Delta U}{U} = \dfrac{U-U'}{U} \Rightarrow \dfrac{\Delta U}{U} = \dfrac{75-U'}{75} \le 0{,}01 \Rightarrow U' \ge 74{,}25V$.

Hiệu điện thế hai đầu R_2:

$$U_2 = \frac{U_{AB}}{R_1 + \dfrac{R_2R_V}{R_2+R_V}}.\frac{R_2R_V}{R_2+R_V} = \frac{U_{AB}.R_2R_V}{R_1R_2+R_V(R_1+R_2)}$$

$$\Leftrightarrow 74{,}25 \le \frac{120.100.R_V}{60.100 + R_V(60+100)} = \frac{12000R_V}{6000+160R_V}$$

$\Leftrightarrow 120R_V \ge 445500 \Rightarrow R_V \ge 3712{,}5\Omega$.

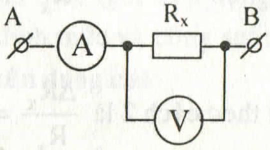
Vậy: Để sai số tương đối không quá 1% thì $R_V \ge 3712{,}5\Omega$.

7.12. Cho mạch điện như hình vẽ, U_{AB} không đổi, biết R_A, R_V.

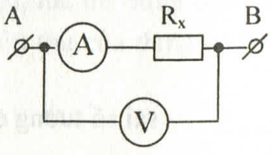
a) Tính giá trị đúng của R_x ở mỗi cách đo.

b) Tính sai số tương đối ở mỗi cách theo R_x, R_A, R_V khi coi giá trị điện trở là $R = \dfrac{U}{I}$.

(1)



(2)



c) Khi R_x tăng, xét sự tăng giảm của các sai số trên và rút ra ý nghĩa thực tế. Tìm R_x theo R_A, R_V để hai sai số trên bằng nhau, xét khi $R_A << R_V$.

Bài giải

a) Giá trị đúng của R_x

Trường hợp (1): $\dfrac{U}{I} = \dfrac{R_x.R_V}{R_x+R_V} \Rightarrow \dfrac{R_x+R_V}{R_x.R_V} = \dfrac{I}{U} = \dfrac{1}{R_x} + \dfrac{1}{R_V}$.

$$\Rightarrow R_x = \frac{1}{\frac{I}{U}-\frac{1}{R_V}} = \frac{U.R_V}{I.R_V-U} = \frac{U}{I-\frac{U}{R_V}}$$

Trường hợp (2): $\frac{U}{I} = R_A + R_x \Rightarrow R_x = \frac{U}{I} - R_A$.

b) Sai số tương đối ở mỗi cách theo R_x, R_A, R_V

Sai số tương đối ở mỗi cách:

+ Cách 1: Tính gần đúng R_x: $R'_x = \frac{U}{I}$.

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_x - R'_x}{R_x} = 1 - \frac{R'_x}{R_x}$$

Mà $R_x = \frac{1}{\frac{I}{U}-\frac{1}{R_V}} = \frac{1}{\frac{1}{R'_x}-\frac{1}{R_V}} \Rightarrow \frac{1}{R'_x} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}$

$$\Rightarrow \frac{\Delta R_x}{R_x} = 1 - \frac{1}{R_x\left(\frac{1}{R_x}+\frac{1}{R_V}\right)} = 1 - \frac{1}{1+\frac{R_x}{R_V}} = \frac{\frac{R_x}{R_V}}{1+\frac{R_x}{R_V}} = \frac{1}{1+\frac{R_V}{R_x}}$$

+ Cách 2: Tính gần đúng R_x: $R_x = \frac{U}{I}$.

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\frac{U}{I}-\frac{U}{I}+R_A}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}.$$

Vậy: Sai số tương đối theo cách 1 là $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{1}{1+\frac{R_V}{R_x}}$

sai số tương đối theo cách 2 là $\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$.

c) Tìm R_x theo R_A, R_V

Để sai số tương đối nhỏ thì: nếu R_x lớn ta dùng cách 2; nếu R_x nhỏ ta dùng cách 1.

Hai sai số trên bằng nhau thì:

$$\frac{1}{1+\frac{R_V}{R_x}} = \frac{R_A}{R_x} \Leftrightarrow \frac{R_x}{R_x+R_V} = \frac{R_A}{R_x} \Leftrightarrow R_x^2 - R_A R_x - R_A R_V = 0$$

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_A+\sqrt{R_A^2+4R_AR_V}}{2} \approx \frac{R_A+\sqrt{4R_AR_V}}{2} = \frac{R_A}{2}+\sqrt{R_AR_V} \text{ (vì } R_A << R_V).$$

Vậy: Để hai sai số bằng nhau thì $R_x \approx \frac{R_A}{2}+\sqrt{R_AR_V}$.

Chuyên đề 8:

CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. Công và công suất của dòng điện trên một đoạn mạch bất kì

– Công của dòng điện: A = UIt.

– Công suất của dòng điện: $P = \frac{A}{t} = UI$.

2. Nhiệt lượng và công suất tiêu thụ bởi đoạn mạch chỉ tỏa nhiệt

– Nhiệt lượng: $Q = A = UIt = RI^2t = \frac{U^2}{R}t$.

– Công suất nhiệt: $P = \frac{Q}{t} = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

- **Chú ý:**

– Đơn vị của A và Q có thể là J, kWh hoặc cal (calo) với:

+ 1kWh (số chỉ công–tơ điện) = 3.600.000J = 3.600kJ.

+ 1J = 0,24 cal; 1cal = 4,18J.

– Các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt thường gặp là bóng đèn, bàn là, bếp điện,... Các dụng cụ này hoạt động bình thường khi hiệu điện thế đặt vào hai đầu dụng cụ bằng hiệu điện thế định mức (ghi trên dụng cụ), lúc đó dòng điện qua dụng cụ bằng dòng điện định mức và công suất tiêu thụ của dụng cụ bằng công suất định mức (ghi trên dụng cụ).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Điện trở của các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt (đèn, bàn là, bếp điện, ấm điện...) được tính bằng công thức: $R = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}}$ (U_{dm}, P_{dm} là các giá trị định mức của dụng cụ thường được ghi trên dụng cụ) hoặc có thể được tính bằng công thức $R = \rho\frac{l}{S}$.

- Nếu không bỏ qua sự thay đổi điện trở của dụng cụ theo nhiệt độ thì cần chú ý đến công thức: $R = R_0(1+\alpha t)$ khi xác định điện trở của dụng cụ.
- Khi sử dụng các dụng cụ chỉ tỏa nhiệt để đun nóng các vật cần chú ý:
  - + khi các vật bị đun nóng, nhiệt lượng cần cung cấp cho vật đó là: $Q = mc\Delta t$ (m là khối lượng của vật, c là nhiệt dung riêng của chất làm vật, Δt là độ tăng nhiệt độ của vật).
  - + khi các vật bị nóng chảy, nhiệt lượng cần cung cấp cho vật là: $Q' = Lm$ (L là nhiệt nóng chảy của chất làm vật).
- Công thức tính hiệu suất: $H\% = \frac{A'}{A}.100\%$, A' là công có ích và A là công toàn phần.
- Để giải quyết các bài toán về cực trị của công suất ta thường sử dụng hệ quả của bất đẳng thức Cô–si:
  - + Hai số dương a, b có tích ab = const thì tổng $(a+b) = (a+b)_{\min}$ khi a = b.
  - + Hai số dương a, b có tổng (a+b) = const thì tích $ab = (ab)_{\max}$ khi a = b.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN

8.1. Bóng đèn công suất 60W có dây tóc bằng vonfram (hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 4,5.10^{-3}độ^{-1}$). Nhiệt độ khi cháy sáng là 2800^0C. Tìm công suất đèn ngay lúc vừa bật đèn. Nhiệt độ phòng là 20^0C.

Bài giải

Gọi R_0 là điện trở của đèn ở 0^0C.

- Điện trở của đèn khi cháy sáng ($t_1 = 2800^0C$) là: $R_1 = R_0(1+\alpha t_1)$.
- Điện trở của đèn lúc vừa mới bật ở nhiệt độ phòng ($t_2 = 20^0C$) là: $R_2 = R_0(1+\alpha t_2)$.
- Công suất của đèn khi cháy sáng: $P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{U^2}{R_0(1+\alpha t_1)} = 60 \Rightarrow \frac{U^2}{R_0} = 60(1+\alpha t_1)$
- Công suất của đèn lúc mới bật: $P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{U^2}{R_0(1+\alpha t_2)}$.

$$\Rightarrow P_2 = \frac{60(1+\alpha t_1)}{1+\alpha t_2} = \frac{60(1+4,5.10^{-3}.2800)}{1+4,5.10^{-3}.20} = 748,6W$$

Vậy: Công suất của đèn lúc vừa mới bật là $P_2 = 748,6W$.

8.2. Dây nikêlin (điện trở suất $\rho = 4,4.10^{-7}\Omega m$), chiều dài 1m, tiết diện $2mm^2$ và dây nicrôm ($\rho = 4,7.10^{-7}\Omega m$), chiều dài 2m, tiết diện $0,5mm^2$ mắc nối tiếp vào một nguồn điện. Dây nào sẽ tỏa nhiệt nhiều hơn và nhiều gấp mấy lần?

Bài giải

Công suất tỏa nhiệt của dây nikêlin: $P_1 = R_1I^2 = R_1\frac{U^2}{R_1+R_2}$.

Công suất tỏa nhiệt của dây nicrôm: $P_2 = R_2I^2 = R_2\frac{U^2}{R_1+R_2}$.

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2\frac{l_2}{S_2}}{\rho_1\frac{l_1}{S_1}} = \frac{4,7.10^{-7}.2}{0,5.10^{-6}}.\frac{2.10^{-6}}{4,4.10^{-7}.1} = 8,55$$

Vậy: Dây nicrôm sẽ tỏa nhiệt nhiều hơn và nhiều gấp 8,55 lần.

8.3. Bếp điện dùng với nguồn U = 220V.

a) Nếu mắc bếp vào nguồn 110V, công suất bếp thay đổi bao nhiêu lần?

b) Muốn công suất không giảm khi mắc vào nguồn 110V phải mắc lại cuộn dây bếp điện như thế nào?

Bài giải

a) Công suất bếp thay đổi bao nhiêu lần

- Khi mắc bếp điện vào nguồn U = 220V: $P = \frac{U^2}{R}$.
- Khi mắc bếp vào nguồn $U_1 = 110V$: $P_1 = \frac{U_1^2}{R} \Rightarrow \frac{P_1}{P} = \frac{U_1^2}{U^2} = \frac{110^2}{220^2} = \frac{1}{4}$

Vậy: Nếu mắc bếp vào nguồn 110V thì công suất của bếp giảm đi 4 lần.

b) Cách mắc lại cuộn dây bếp điện: Muốn công suất không đổi thì điện trở phải giảm đi 4 lần: $R' = \frac{R}{4} \Rightarrow \frac{\frac{R}{2}.\frac{R}{2}}{\frac{R}{2}+\frac{R}{2}}$

Vậy: Phải mắc song song hai nửa dây dẫn.

8.4. Người ta dùng nicrôm làm một dây bếp điện. Nicrôm có hệ số nhiệt điện trở $\alpha = 2.10^{-4}K^{-1}$, điện trở suất ở 20^0C là $\rho = 1,1.10^{-6}\Omega m$. Dây bếp điện có tiết diện $S = 0,25mm^2$, tiêu thụ một công suất P = 600W khi mắc vào nguồn U = 120V và nhiệt độ dây bếp điện lúc này là 800^0C. Tìm chiều dài của dây.

Bài giải

Công suất tiêu thụ của dây bếp điện: $P = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{\rho_2\frac{l}{S}} = \frac{U^2S}{\rho_1(1+\alpha\Delta t)l}$.

$$\Rightarrow l = \frac{U^2S}{P.\rho_1(1+\alpha\Delta t)} = \frac{120^2.0{,}25.10^{-6}}{600.1{,}1.10^{-6}.(1+2.10^{-4}.780)} \simeq 4{,}7\text{m}.$$

Vậy: Chiều dài của dây là $l = 4{,}7$m.

8.5. Người ta mắc nối tiếp một dây chì trong mạch điện. Chì có nhiệt dung riêng $c = 120$J/kg.độ, điện trở suất $\rho = 0{,}219.10^{-6}\Omega$m, khối lượng riêng D = 11300 kg/m^3, nhiệt nóng chảy 25000 J/kg, nhiệt độ nóng chảy 327^{0}C.

Dây chì có tiết diện $s = 0{,}2\text{mm}^2$, nhiệt độ 27^{0}C.

Biết rằng khi đoản mạch cường độ dòng điện qua dây là 30A. Hỏi bao lâu sau khi đoản mạch thì dây chì đứt? Bỏ qua sự tỏa nhiệt của dây chì ra môi trường và sự thay đổi của ρ theo nhiệt độ.

Bài giải

Nhiệt lượng toả ra trên dây dẫn: $Q = RI^2t$.

Nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ dây từ 27^{0}C lên 327^{0}C: $Q_1 = mc\Delta t$.

Nhiệt lượng cần thiết để dây chì ở nhiệt độ 327^{0}C bị đứt: $Q_2 = m\lambda$.

Ta có: $Q = Q_1 + Q_2$

$$\Leftrightarrow RI^2t = mc\Delta t + m\lambda \Leftrightarrow \rho\frac{1}{S}I^2t = D.S.l(c\Delta t+\lambda) \Leftrightarrow \rho I^2t = DS^2(c\Delta t+\lambda)$$

$$\Rightarrow t = \frac{DS^2(c\Delta t+\lambda)}{PI^2} = \frac{11300(0{,}2.10^{-6})^2.(120.300+25000)}{0{,}219.10^{-6}.30^2} = 0{,}14\text{s}$$

Vậy: Thời gian để dây chì bị đứt là $t = 0{,}14$s.

8.6. Bếp điện nối với hiệu điện thế U = 120V có công suất P = 600W được dùng để đun sôi 2 lít nước (c = 4200J/kg.độ) từ 20^{0}C đến 100^{0}C, hiệu suất bếp là 80%.

a) Tìm thời gian đun và điện năng tiêu thụ theo kWh.

b) Dây bếp điện có đường kính $d_1 = 0{,}2$mm, điện trở suất $\rho = 4.10^{-7}\Omega$m quấn trên ống hình trụ bằng sứ đường kính $d_2 = 2$cm. Tính số vòng dây bếp điện.

Bài giải

a) Thời gian đun và điện năng tiêu thụ

Hiệu suất của bếp: $H = \frac{A}{A'}.100\% = \frac{Q}{P.t}.100\% = 80\%$

$$\Leftrightarrow \frac{mc\Delta t}{Pt} = 0{,}8 \Rightarrow t = \frac{mc.\Delta t}{0{,}8P} = \frac{2.4200.(100-20)}{0{,}8.600} = 1400\text{s} = 23{,}3 \text{ phút}.$$

Điện năng tiêu thụ: $A = Pt = 600.1400 = 840000\text{J} = \frac{840000}{3600000} \approx 0{,}23$ kWh.

Vậy: Thời gian đun và điện năng tiêu thụ của bếp là t = 23,3 phút và A = 0,23 kWh.

b) Số vòng dây bếp điện

Điện trở của dây bếp điện: $R = \frac{U^2}{P} = \rho\frac{l}{S} \Rightarrow l = \frac{U^2S}{P.\rho}$.

Gọi N số vòng dây bếp điện: $l = N.2\pi r \Leftrightarrow N.2\pi.r = \frac{U^2S}{P\rho}$

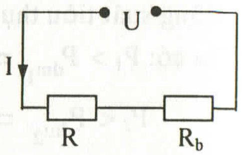
$$\Rightarrow N = \frac{U^2.S}{2\pi.r.P.\rho} = \frac{120^2.\pi.(0{,}1.10^{-3})^2}{2\pi.0{,}02.600.4.10^{-7}} = 30\,(\text{vòng})$$

Vậy: Số vòng dây bếp điện là 30 vòng.

8.7. Bếp điện mắc vào nguồn U = 120V. Tổng điện trở của dây nối từ nguồn đến bếp là 1Ω. Công suất tỏa nhiệt trên bếp là 1,1kW. Tính cường độ dòng điện qua bếp và điện trở của bếp.

Bài giải

Mạch điện được vẽ lại như sau:



Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{U}{R+R_b}$.

Hiệu điện thế hai đầu của bếp: $U_b = R_bI = \frac{UR_b}{R+R_b}$.

Công suất toả nhiệt trên bếp: $P = \frac{U_b^2}{R_b} = (\frac{U.R_b}{R+R_b})^2.\frac{1}{R_b} = \frac{U^2.R_b}{(R+R_b)^2}$

$$\Leftrightarrow 1100 = \frac{120^2.R_b}{(R_b+1)^2} \Leftrightarrow 144R_b = 11(R_b+1)^2$$

$$\Leftrightarrow 11R_b^2 - 122R_b + 11 = 0 \Rightarrow R_b = 11\Omega.$$

Cường độ dòng điện qua bếp: $I = \frac{U}{R+R_b} = \frac{120}{1+11} = 10\text{A}$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua bếp là I = 10A, điện trở của bếp là $R_b = 11\,\Omega$.

8.8. Cho hai đèn 120V – 40W và 120V – 60W mắc nối tiếp vào nguồn U = 240V.

a) Tính điện trở mỗi đèn và cường độ dòng điện qua hai đèn.

b) Tính hiệu điện thế và công suất tiêu thụ mỗi đèn.

Nhận xét về độ sáng của mỗi đèn

Cho biết điều kiện để hai đèn 120V sáng bình thường khi mắc nối tiếp vào nguồn 240V là gì?

Bài giải

a) Điện trở mỗi đèn và cường độ dòng điện qua hai đèn

Điện trở của đèn 1: $R_1 = \frac{U^2_{\text{đm}_1}}{P_{\text{đm}_1}} = \frac{120^2}{40} = 360\Omega$.

Điện trở của đèn 2: $R_2 = \frac{U^2_{\text{đm}_2}}{P_{\text{đm}_2}} = \frac{120^2}{60} = 240\Omega$.

Cường độ dòng điện qua hai đèn: $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{240}{360+240} = 0{,}4A$.

b) Hiệu điện thế và công suất tiêu thụ mỗi đèn

Hiệu điện thế của đèn 1: $U_1 = R_1I = 360.0{,}4 = 144V$.

Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_1I^2 = 360.0{,}4^2 = 57{,}6W$.

Hiệu điện thế của đèn 2: $U_2 = R_2I = 240.0{,}4 = 96V$.

Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_2I^2 = 240.0{,}4^2 = 38{,}4W$.

Ta có: $P_1 > P_{\text{đm}_1} \Rightarrow$ đèn 1 sáng chói.

$P_2 < P_{\text{đm}_2} \Rightarrow$ đèn 2 sáng mờ.

Để hai đèn 120V sáng bình thường khi mắc nối tiếp vào nguồn 240V thì hai đèn phải có cùng công suất định mức.

8.9. Hai đèn Đ$_1$ (12V – 7,2W) và Đ$_2$ (16V – 6,4W) được mắc nối tiếp rồi mắc vào nguồn U = 40V. Hỏi phải dùng tối thiểu bao nhiêu điện trở phụ, cách mắc và giá trị của các điện trở phụ để cả hai đèn đều sáng bình thường?

Bài giải

Để hai đèn sáng bình thường thì cường độ dòng điện qua đèn phải bằng cường độ dòng điện định mức của đèn.

Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_{\text{đm}_1} = \frac{P_{\text{đm}_1}}{U_{\text{đm}_1}} = \frac{7{,}2}{12} = 0{,}6A$.

Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_{\text{đm}_2} = \frac{P_{\text{đm}_2}}{U_{\text{đm}_2}} = \frac{6{,}4}{16} = 0{,}4A$.

Như vậy, phải mắc (R_2 // Đ$_2$), cường độ dòng điện qua R_2:

$$I_2 = I_{\text{đm}_1} - I_{\text{đm}_2} = 0{,}6 - 0{,}4 = 0{,}2A \Rightarrow R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{16}{0{,}2} = 80\Omega$$

Ta có: $U - U_2 = 40 - 16 = 24V$

Như vậy phải mắc (R_1 nt Đ$_1$), hiệu điện thế hai đầu R_1:

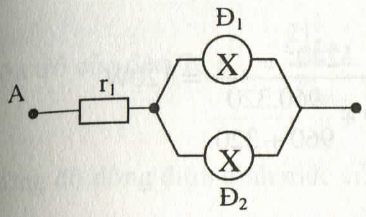
$$U_1 = U - U_2 - U_{\text{đm}_1} = 24 - 12 = 12V \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_{\text{đm}}} = \frac{12}{0{,}6} = 20\Omega$$

Vậy: Để hai đèn sáng bình thường cần mắc [R_1 nt Đ$_1$ nt (Đ$_2$ // R_2)] với R_1 = 20Ω, R_2 = 80Ω.

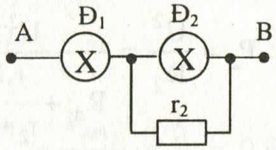
8.10. Có hai đèn 120V – 60W và 120V – 45W.

a) Tìm điện trở và cường độ dòng điện định mức mỗi đèn.

b) Mắc hai đèn theo một trong hai cách như hình dưới, U_{AB} = 240V. Hai đèn sáng bình thường. Tìm r_1, r_2. Cách mắc nào có lợi hơn?



(Cách 1)



(Cách 2)

Bài giải

a) Điện trở và cường độ dòng điện định mức mỗi đèn

Điện trở của đèn 1: $R_{đ_1} = \frac{U^2_{\text{đm}_1}}{P_{\text{đm}_1}} = \frac{120^2}{60} = 240\Omega$.

Cường độ dòng điện định mức của đèn 1: $I_{\text{đm}_1} = \frac{P_{\text{đm}_1}}{U_{\text{đm}_1}} = \frac{60}{120} = 0{,}5A$.

Điện trở của đèn 2: $R_{đ_2} = \frac{U^2_{\text{đm}_2}}{P_{\text{đm}_2}} = \frac{120^2}{45} = 320\Omega$.

Cường độ dòng điện định mức của đèn 2: $I_{\text{đm}_2} = \frac{P_{\text{đm}_2}}{U_{\text{đm}_2}} = \frac{45}{120} = 0{,}375A$.

b) Tính r_1, r_2

Cường độ dòng điện qua r_1: $I_1 = I_{\text{đm}_1} + I_{\text{đm}_2} = 0{,}5 + 0{,}375 = 0{,}875A$.

Hiệu điện thế hai đầu r_1: $U_1 = U_{AB} - U_{\text{đm}_1} = 240 - 120 = 120V$.

Điện trở r_1: $r_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{120}{0{,}875} = 137\Omega$.

Cường độ dòng điện qua r_2: $I_2 = I_{\text{đm}_1} - I_{\text{đm}_2} = 0{,}5 - 0{,}375 = 0{,}125A$.

Hiệu điện thế hai đầu r_2: $U_2 = U_{\text{đm}_2} = 120V$.

Điện trở r₂: $r_2 = \dfrac{U_2}{I_2} = \dfrac{120}{0,125} = 960\Omega$.

Công suất tỏa nhiệt trên dây:

+ Cách 1: $P_1 = \dfrac{U^2}{R_1} = \dfrac{U^2}{r_1 + \dfrac{R_{đ_1}.R_{đ_2}}{R_{đ_1}+R_{đ_2}}} = \dfrac{240^2}{137 + \dfrac{240.320}{240+320}} = 210W$.

+ Cách 2: $P_2 = \dfrac{U^2}{R_2} = \dfrac{U^2}{R_{đ_1} + \dfrac{r_2 R_{đ_2}}{r_2 + R_{đ_2}}} = \dfrac{240^2}{240 + \dfrac{960.320}{960+320}} = 120W$

Ta thấy: $P_2 < P_1$ nên cách mắc thứ 2 lợi hơn.

8.11. Một chuỗi đèn trang trí gồm 20 bóng đèn 6V – 3W mắc nối tiếp vào nguồn điện 120V. Sau đó có một bóng bị hư. Có thể khiến đèn sáng nhờ cách nào sau đây:

a) Tháo bóng đèn hư ra, nhét giấy bạc vào đuôi đèn để nối mạch.

b) Nối hai đầu dây điện của đèn bị hư lại. Sau đó, trong cách làm được chọn độ sáng tổng cộng của 19 đèn còn lại so với 20 đèn ban đầu lớn hơn hay nhỏ hơn? Các đèn có thể bị cháy (đứt tim) dễ dàng không?

Bài giải

Cả hai cách a,b đều có thể sử dụng để làm đèn sáng:

– Đối với cách a:

+ Nếu điện trở của giấy bạc nhỏ hơn điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch giảm ⇒ công suất tăng nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn lớn hơn 20 đèn ban đầu ⇒ đèn có thể bị đứt tim dễ dàng.

+ Nếu điện trở của giấy bạc bằng điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch không đổi ⇒ công suất không đổi nên độ sáng các đèn không đổi.

+ Nếu điện trở của giấy bạc lớn hơn điện trở đèn thì điện trở tương đương của toàn mạch tăng ⇒ công suất giảm nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn nhỏ hơn 20 đèn ban đầu.

– Đối với cách b: Điện trở tương đương của toàn mạch giảm ⇒ công suất tăng nên độ sáng tổng cộng của 19 đèn lớn hơn 20 đèn ban đầu nên đèn có thể bị đứt tim dễ dàng.

8.12. Có thể mắc hai đèn (120V – 100W) và (6V – 5W) nối tiếp vào nguồn U = 120V được không?

Bài giải

Điện trở của đèn 1: $R_1 = \dfrac{U^2_{đm_1}}{P_{đm_1}} = \dfrac{120^2}{100} = 144\Omega$.

Cường độ dòng điện định mức của đèn 1: $I_{đm_1} = \dfrac{P_{đm_1}}{U_{đm_1}} = \dfrac{100}{120} = \dfrac{5}{6} \simeq 0,83A$.

Điện trở của đèn 2: $R_2 = \dfrac{U^2_{đm_2}}{P_{đm_2}} = \dfrac{6^2}{5} = 7,2\Omega$.

Cường độ dòng điện định mức của đèn 2: $I_{đm_2} = \dfrac{P_{đm_2}}{U_{đm_2}} = \dfrac{5}{6} \simeq 0,83A$.

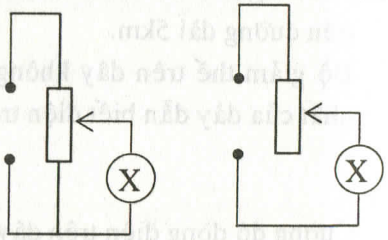
Nếu mắc vào nguồn U = 120V thì cường độ dòng điện qua mỗi đèn là:

$I = \dfrac{U}{R_1 + R_2} = \dfrac{120}{144 + 7,2} = 0,79A$

Ta thấy: $I < I_{đm}$ nên có thể mắc nối tiếp hai đèn vào nguồn 120V.

8.13. Để mắc đèn vào nguồn hiệu điện thế lớn hơn giá trị ghi trên đèn, có thể dùng một trong hai sơ đồ bên. Sơ đồ nào có hiệu suất cao hơn?

Biết trong hai trường hợp đèn sáng bình thường.



Bài giải

Hiệu suất cao hơn tức là công suất hao phí do tỏa nhiệt nhỏ hơn.

Gọi R là điện trở mắc thêm vào đèn. Ta có:

+ Điện trở tương đương của toàn mạch trong sơ đồ 1: $R_1 = \dfrac{R_đ \dfrac{R}{2}}{R_đ + \dfrac{R}{2}} + \dfrac{R}{2}$

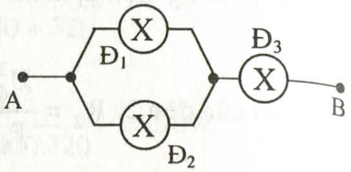
+ Điện trở tương đương của toàn mạch trong sơ đồ 2: $R_2 = \dfrac{R}{2} + R_đ$

Ta thấy: $R_đ > \dfrac{R_đ \dfrac{R}{2}}{R_đ + \dfrac{R}{2}} \Rightarrow R_2 > R_1$

Công suất tỏa nhiệt: $P_1 = \frac{U^2}{R_1}$; $P_2 = \frac{U^2}{R_2}$.

Vì $R_2 > R_1 \Rightarrow P_2 < P_1$ nên cách mắc thứ 2 có hiệu suất cao hơn.

8.14. Có ba đèn, hiệu điện thế định mức mỗi đèn là 110V mắc vào nguồn U = 220V. Tìm hệ thức liên hệ các công suất P_1, P_2, P_3 để chúng sáng bình thường?



Bài giải

Để 3 đèn sáng bình thường thì: $I_{dm_1} + I_{dm_2} = I_{dm_3}$

$$\Leftrightarrow \frac{P_{dm_1}}{U_{dm_1}} + \frac{P_{dm_2}}{U_{dm_2}} = \frac{P_{dm_3}}{U_{dm_3}} \Leftrightarrow \frac{P_1}{U_1} + \frac{P_2}{U_2} = \frac{P_3}{U_3}$$

Mà $U_1 = U_2 = U_3 = 110V \Rightarrow P_1 + P_2 = P_3$

Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $P_1 + P_2 = P_3$.

8.15. Từ nguồn U = 10000V, cần truyền đi một công suất nguồn P = 5000kW trên đường dài 5km.

Độ giảm thế trên dây không được vượt quá 1% U nguồn.Tính tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn biết điện trở suất của dây $\rho = 1{,}7.10^{-8}\Omega m$.

Bài giải

Cường độ dòng điện trên dây: $I = \frac{P}{U} = \frac{5.10^6}{10^4} = 500A$.

Độ giảm thế trên dây: $\Delta U = RI \le 1\%U \Rightarrow \rho\frac{l}{S}.I \le \frac{1}{100}.10000 = 100$.

$$\Rightarrow S \ge \frac{\rho l I}{100} = \frac{1{,}7.10^{-8}.5000.500}{100} = 4{,}25.10^{-4}\ m^2$$

$$\Rightarrow S_{min} = 4{,}25.10^{-4}\ m^2 = 4{,}25\ cm^2.$$

Vậy: Tiết diện nhỏ nhất của dây dẫn là $S_{min} = 4{,}25\ cm^2$.

8.16. Từ nguồn U = 6200V, điện năng được truyền trên dây đến nơi tiêu thụ. Điện trở của dây dẫn R = 10Ω. Công suất tại nơi tiêu thụ P' = 120kW. Tính độ giảm thế trên dây, công suất hao phí trên dây và hiệu suất tải điện. Biết công suất hao phí trên dây nhỏ hơn công suất nơi tiêu thụ.

Bài giải

- Công suất toàn phần của nguồn: $P = P' + RI^2$.

$\Leftrightarrow UI = U'I + RI^2 \Leftrightarrow 6200I = 120000 + 10I^2$

$\Leftrightarrow I^2 - 620I + 12000 = 0 \Rightarrow I_1 = 600A;\ I_2 = 20A.$

Công suất hao phí trên dây:

$\Delta P_1 = RI_1^2 = 10.6000^2 = 36.10^7 > 120000$ (loại)

$\Delta P_2 = RI_2^2 = 10.20^2 = 4000W = 4\ kW$

Độ giảm thế trên dây: $\Delta U = RI = 10.20 = 200V$

Hiệu suất tải điện: $H = \frac{P'}{P}.100\% = \frac{120000}{6200.20}.100\% = 96{,}77\%$.

Vậy: Độ giảm thế trên dây là $\Delta U = 200V$; công suất hao phí trên dây là $\Delta P = 4\ kW$; hiệu suất tải điện là $H = 96{,}77\%$.

8.17. Cần phải tăng hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện lên bao nhiêu lần để giảm tiêu hao năng lượng trên đường dây 100 lần nếu công suất truyền đến nơi tiêu thụ không đổi.

Biết ban đầu độ giảm thế trên đường dây là $\Delta U = nU_1$ (với U_1 là hiệu điện thế nơi tiêu thụ, n là hệ số tỉ lệ).

Bài giải

- Công suất toàn phần của nguồn: $P_1 = P_1' + \Delta P_1$.

$\Leftrightarrow UI_1 = U_1I_1 + \Delta P_1 \Leftrightarrow (U - U_1)I_1 = \Delta P_1$

Mà $\frac{\Delta P_1}{I_1} = RI_1 = nU_1$

$\Rightarrow (U - U_1) = \frac{\Delta P_1}{I_1} = nU_1 \Rightarrow U = (n+1)U_1$ (1)

- Gọi U_2 là hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện sau khi tăng:

$P_2 = P_2' + \Delta P_2 \Leftrightarrow U_2I_2 = U_1I_1 + RI_2^2 \Leftrightarrow U_2I_2 = U_1I_1 + \frac{RI_1^2}{100}$

Ta có: $RI_2^2 = \frac{RI_1^2}{100} \Rightarrow I_2 = \frac{I_1}{10} \Rightarrow U_2\frac{I_1}{10} = U_1I_1 + \frac{RI_1^2}{100}$

$\Rightarrow U_2 = 10U_1 + \frac{RI_1}{10} = 10U_1 + \frac{nU_1}{10}$ $(\Delta U = RI_1 = nU_1)$

$\Rightarrow U_2 = \frac{(n+100)}{10}U_1 = \frac{(n+100)}{10}.\frac{U}{(n+1)}$ (2)

Vậy: Phải tăng hiệu điện thế ở hai đầu nguồn điện lên $\frac{(n+100)}{10(n+1)}$ lần.

8.18. Một máy bơm điện hoạt động với hiệu điện thế U = 360V và dòng I = 25A, bơm nước lên độ cao h = 4m qua một ống có tiết diện $S = 0{,}01m^2$, mỗi giây được 80 lít.

a) Tính hiệu suất của máy bơm. Cho $g = 10\ m/s^2$.

b) Giả sử ma sát làm tiêu hao 16% công suất của động cơ và phần công suất hao phí còn lại là do hiệu ứng Jun–Lenxơ hãy tính điện trở trong của động cơ.

Bài giải

a) Hiệu suất của máy bơm

– Công có ích của máy bơm (thực hiện trong 1 s): $A' = mgh + \frac{1}{2}mv^2$.

với: $m = DV = 10^3.80.10^{-3} = 80$ kg; $v = \frac{V}{St} = \frac{80.10^{-3}}{10^{-2}.1} = 8$ m/s.

$$\Rightarrow A' = 80.10.4 + \frac{1}{2}.80.8^2 = 5760J$$

– Điện năng tiêu thụ của máy bơm (trong 1 s): A = UIt = 360.25.1 = 9000J.

– Hiệu suất của máy bơm: $H = \frac{A'}{A}.100\% = \frac{5760}{9000}.100\% = 64\%$.

Vậy: Hiệu suất của máy bơm là H = 64%.

b) Điện trở trong của động cơ

Vì hiệu suất của máy bơm là H = 64% = 0,64 nên công suất hao phí là

$$\Delta P = 0{,}36P \Rightarrow \Delta P = 0{,}16P + rI^2 = 0{,}36P \Rightarrow r = \frac{0{,}2P}{I^2} = \frac{0{,}2.360.25}{25^2} = 2{,}88\Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của máy bơm là $r = 2{,}88\,\Omega$.

8.19. Tàu điện khối lượng m = 4800kg chạy trên mặt đường nằm ngang, sau đó lên dốc có góc nghiêng $\alpha = 0{,}03$rad.

Biết tàu chuyển động thẳng đều, trên đoạn đường đầu, $I_1 = 25A$. Trên đoạn đường sau: $I_2 = 50A$. Biết hệ số ma sát $\mu = 0{,}01$, hiệu điện thế trên đường dây U = 240V, hiệu suất của động cơ H = 0,8; $g = 10m/s^2$.

Tính vận tốc v_1 và v_2 của tàu điện trên mỗi đoạn đường.

Bài giải

– Hiệu suất của động cơ tàu điện: $H = \frac{A}{A} = 0{,}8$.

– Vì tàu chuyển động thẳng đều nên công có ích bằng công hao phí.

– Khi tàu chuyển động trên mặt phẳng ngang:

$$H_1 = \frac{\mu mgS_1}{UI_1t_1} = \frac{\mu mgv_1}{UI_1} = 0{,}8 \Rightarrow v_1 = \frac{0{,}8UI_1}{\mu mg} = \frac{0{,}8.240.25}{0{,}01.4800.10} = 10\ m/s$$

– Hiệu suất của tàu điện khi chuyển động trên mặt phẳng nghiêng:

$$A_F = A_{F_{ms}} + A_{P_{sin\alpha}} = \mu mgS_2cos\alpha + mgS_2sin\alpha$$

$$\Rightarrow H_2 = \frac{\mu mgS_2cos\alpha + mgS_2sin\alpha}{UI_2t_2} = \frac{mgv_2(\mu cos\alpha + sin\alpha)}{UI_2}$$

$$\Rightarrow v_2 = \frac{H_2UI_2}{mg(\mu cos\alpha + sin\alpha)} = \frac{0{,}8.240.50}{4800.10(0{,}01.cos0{,}03 + sin0{,}03)} = 5\ m/s$$

Vậy: Vận tốc của tàu điện trên đoạn đường đầu là $v_1 = 10$ m/s, trên đoạn đường sau là $v_2 = 5$ m/s.

8.20. Điện trở R mắc vào hiệu điện thế U = 160V không đổi, tiêu thụ công suất P = 320W.

a) Tính R và cường độ dòng điện qua R.

b) Thay R bằng hai điện trở R_1, R_2 nối tiếp, $R_1 = 10\Omega$. Khi này công suất tiêu thụ của R_2 là $P_2 = 480W$. Tính cường độ dòng điện qua R_2 và giá trị của R_2. Biết R_2 chịu được dòng điện không quá 10A.

c) Với R_1, R_2 bất kì, lần (1) mắc R_1 nối tiếp R_2, lần (2) mắc R_1 song song với R_2 rồi đều mắc vào hiệu điện thế trên.

Hỏi trường hợp nào công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn và lớn hơn ít nhất bao nhiêu lần?

Bài giải

a) Tính R và cường độ dòng điện qua R

Điện trở R: $R = \frac{U^2}{P} = \frac{160^2}{320} = 80\Omega$.

Cường độ dòng điện qua R: $I = \frac{P}{U} = \frac{320}{160} = 2A$.

b) Tính cường độ dòng điện qua R_2 và giá trị của R_2

Cường độ dòng điện qua R_1, R_2: $I = I_1 = I_2 = \frac{U}{R_1 + R_2}$.

Công suất tiêu thụ của R_2: $P_2 = R_2I^2 = R_2\frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2}$.

$$\Leftrightarrow 480 = \frac{160^2R_2}{(10 + R_2)^2} \Leftrightarrow 48000 + 9600R_2 + 480R_2^2 = 160^2R_2$$

$$\Leftrightarrow 480R_2^2 - 16000R_2 + 48000 = 0 \Rightarrow R_2 = 30\Omega;\ R_2' = \frac{10}{3}\ \Omega.$$

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \dfrac{U}{R_1 + R_2} = \dfrac{160}{10 + 30} = 4A$.

và $I'_2 = \dfrac{U}{R_2 + R'_2} = \dfrac{160}{10 + \dfrac{10}{3}} = 12A > 10A$: (loại).

Vậy: Cường độ dòng điện qua R_2 là $I_2 = 4A$ và $R_2 = 30\Omega$.

c) Trường hợp nào công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn

Công suất tiêu thụ lần 1: $P_1 = \dfrac{U^2}{R_1 + R_2}$.

Công suất tiêu thụ lần 2:

$$P_2 = \frac{U^2(R_1+R_2)}{R_1.R_2} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{(R_1+R_2)^2}{R_1.R_2} = \frac{R_1^2+R_2^2+2R_1R_2}{R_1R_2}$$

Ta có: $R_1^2 + R_2^2 \geq 2R_1R_2 \Rightarrow \dfrac{P_2}{P_1} \geq \dfrac{2R_1R_2 + 2R_1R_2}{R_1R_2} \Rightarrow P_2 \geq 4P_1$.

Vậy: Trường hợp sau công suất tiêu thụ của hai điện trở lớn hơn trường hợp đầu và lớn hơn ít nhất 4 lần.

8.21. Dùng bếp điện để đun nước trong ấm. Nếu nối bếp với hiệu điện thế $U_1 = 120V$, thời gian nước sôi là $t_1 = 10$ phút còn nếu $U_2 = 100V$ thì $t_2 = 15$ phút.

Hỏi nếu dùng $U_3 = 80V$ thì thời gian nước sôi t_3 là bao nhiêu?

Biết rằng nhiệt lượng hao phí trong khi đun nước tỉ lệ với thời gian đun nước.

Bài giải

Gọi A là hệ số tỉ lệ, nhiệt lượng hao phí trong thời gian đun nước là: $\Delta Q = A.t$

Nhiệt lượng cung cấp cho nước trong 3 trường hợp là như nhau và bằng:

$$Q' = Q - \Delta Q = (\frac{U_1^2}{R} - A)t_1 = (\frac{U_2^2}{R} - A)t_2 = (\frac{U_3^2}{R} - A)t_3$$

$$\Rightarrow (U_1^2 - AR)t_1 = (U_2^2 - AR)t_2 = (U_3^2 - AR)t_3$$

Ta có: $(U_1^2 - AR)t_1 = (U_2^2 - AR)t_2$

$\Leftrightarrow (120^2 - AR).10 = (100^2 - AR).15 \Leftrightarrow 120^2 - AR = 15000 - 1{,}5AR$

$\Leftrightarrow 0{,}5AR = 600 \Rightarrow AR = 1200$

Mặt khác: $(U_2^2 - AR)t_2 = (U_3^2 - AR)t_3$

$$\Rightarrow t_3 = \frac{(U_2^2 - AR)t_2}{U_3^2 - AR} = \frac{(100^2 - 1200).15}{80^2 - 1200} = 25{,}4 \text{ (phút)}.$$

Vậy: Thời gian đun sôi nước là $t_3 = 25{,}4$ phút.

8.22. Một dây dẫn, khi có dòng điện $I_1 = 1{,}4A$ đi qua thì nóng lên đến $t_1 = 55^0C$, khi có dòng $I_2 = 2{,}8A$; $t_2 = 160^0C$. Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường xung quanh tỉ lệ thuận với độ chênh lệch nhiệt độ giữa dây và môi trường.

Nhiệt độ môi trường không đổi. Bỏ qua sự thay đổi của điện trở dây theo nhiệt độ.

Tìm nhiệt độ dây dẫn khi có dòng $I_3 = 5{,}6A$ đi qua.

Bài giải

Gọi A là hệ số tỉ lệ nhiệt lượng toả ra môi trường xung quanh:

$\Delta Q = A.\Delta t = A(t - t_0)$

Nhiệt lượng toàn phần cung cấp cho dây: $Q = Q' + \Delta Q$:

$$RI_1^2t = mc(t_1 - t_0) + A(t_1 - t_0) = (t_1 - t_0)(mc + A) \quad (1)$$

$$RI_2^2t = mc(t_2 - t_0) + A(t_2 - t_0) = (t_2 - t_0)(mc + A) \quad (2)$$

$$RI_3^2t = mc(t_3 - t_0) + A(t_3 - t_0) = (t_3 - t_0)(mc + A) \quad (3)$$

Lấy (1) chia cho (2): $\dfrac{I_1^2}{I_2^2} = \dfrac{t_1 - t_0}{t_2 - t_0} \Leftrightarrow (\dfrac{1{,}4}{2{,}8})^2 = \dfrac{55 - t_0}{160 - t_0} = \dfrac{1}{4}$

$\Leftrightarrow 220 - 4t_0 = 160 - t_0 \Rightarrow t_0 = 20^0C$.

Lấy (2) chia cho (3):

$$\frac{I_2^2}{I_3^2} = \frac{t_2 - t_0}{t_3 - t_0} \Leftrightarrow \frac{2{,}8^2}{5{,}6^2} = \frac{160 - 20}{t_3 - 20} \Rightarrow t_3 = \frac{(160 - 20).5{,}6^2}{2{,}8^2} + 20 = 580^0C.$$

Vậy: Khi có dòng I_3 chạy qua thì nhiệt độ của dây dẫn là $t_3 = 580^oC$.

8.23. Dây chì đường kính tiết diện $d_1 = 0{,}5mm$ dùng làm cầu chì, chịu được cường độ $I_3 \leq 3A$. Coi nhiệt lượng dây chì tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây. Hỏi dây chì đường kính $d_2 = 2mm$ sẽ chịu được dòng điện bao nhiêu?

Bỏ qua sự mất nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây.

Bài giải

- Dòng điện lớn nhất mà dây chịu được ứng với trường hợp khi có cân bằng nhiệt, nhiệt độ dây chì bằng nhiệt độ nóng chảy của chì.

Gọi ΔQ là nhiệt lượng dây chì toả ra môi trường xung quanh trong thời gian Δt: $\Delta Q = kS'\Delta t$

Với: k là hệ số tỉ lệ, S' là diện tích xung quanh của dây chì.

- Do cân bằng nhiệt nên nhiệt lượng tỏa ra môi trường bằng nhiệt lượng do dòng điện cung cấp:

$$Q = RI^2\Delta t = \rho\frac{l}{S}I^2\Delta t = kS'\Delta t$$

+ Trường hợp 1: $\rho\frac{l}{S_1}I_1^2\Delta t = kS_1'\Delta t$

$$\Leftrightarrow 4\frac{\rho l I_1^2\Delta t}{\pi d_1^2} = k\pi d_1.l.\Delta t \qquad (1)$$

+ Trường hợp 2: $\rho\frac{l}{S_2}I_2^2\Delta t = kS_2'\Delta t$

$$\Leftrightarrow 4\frac{\rho l I_2^2\Delta t}{\pi d_2^2} = k\pi d_2.l.\Delta t \qquad (2)$$

– Lấy (1) chia cho (2): $\frac{I_1^2}{I_2^2}.\frac{d_2^2}{d_1^2} = \frac{d_1}{d_2} \Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = (\frac{d_1}{d_2})^{3/2}$

$$\Rightarrow I_2 = I_1(\frac{d_2}{d_1})^{3/2} = 3.(\frac{2}{0,5})^{3/2} = 24A.$$

Vậy: Dây chì đường kính d_2 sẽ chịu được dòng điện tối đa là 24A.

8.24. Dây tóc bóng đèn công suất $P_1 = 100W$ dùng với hiệu điện thế $U_1 = 110V$ có chiều dài $l_1 = 600mm$ và đường kính tiết diện $d_1 = 0,056mm$.

Tìm chiều dài l_2 và đường kính d_2 của dây tóc đèn có công suất $P_2 = 25W$ dùng với hiệu điện thế $U_2 = 220V$.

Coi nhiệt lượng tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với diện tích xung quanh của dây tóc và nhiệt độ dây tóc trong hai đèn khi làm việc là như nhau.

Bỏ qua sự truyền nhiệt do tiếp xúc ở hai đầu dây tóc.

Bài giải

Gọi ΔQ là nhiệt lượng toả ra môi trường xung quanh trong thời gian Δt:

$\Delta Q = kS'\Delta t$

Với k là hệ số tỉ lệ, S' là diện tích xung quanh của dây chì.

– Do cân bằng nhiệt nên nhiệt lượng toả ra môi trường bằng nhiệt lượng do dòng điện cung cấp:

$$P_1\Delta t = kS_1'\Delta t \Leftrightarrow P_1 = k\pi d_1.l_1 \qquad (1)$$

$$\text{và: } P_2\Delta t = kS_2'\Delta t \Leftrightarrow P_2 = k\pi d_2.l_2 \ (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1 l_1}{d_2 l_2} = \frac{100}{25} = 4 \qquad (3)$

– Mặt khác, điện trở tương đương của bóng đèn là:

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \rho\frac{l_1}{S_1} = 4\rho\frac{l_1}{\pi d_1^2} \qquad (4)$$

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \rho\frac{l_2}{S_2} = 4\rho\frac{l_2}{\pi d_2^2} \qquad (5)$$

- Lấy (4) chia cho (5):

$$\frac{U_1^2}{P_1}.\frac{P_2}{U_2^2} = \frac{l_1}{d_1^2}.\frac{d_2^2}{l_2} \Leftrightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}.\frac{U_1^2P_2}{U_2^2P_1} = \frac{d_1^2}{d_2^2}.\frac{110^2.25}{100.220^2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{l_1}{l_2} = \frac{d_1^2}{16d_2^2} \qquad (6)$$

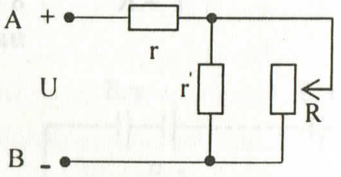
- Từ (3), (6) suy ra: $\frac{4d_2}{d_1} = \frac{d_1^2}{16d_2^2} \Leftrightarrow \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 = 64$

$$\Rightarrow d_2 = \frac{d_1}{4} = \frac{0,056}{4} = 0,014\text{ mm}$$

- Chiều dài l_2 của dây tóc: $l_2 = \frac{16d_2^2.l_1}{d_1^2} = \frac{16.0,014^2.600}{0,056^2} = 600\text{ mm}$

Vậy: Chiều dài và đường kính của dây tóc đèn có công suất P_2 khi dùng ở hiệu điện thế U_2 là $l_2 = 600$ mm và $d_2 = 0,014$ mm.

8.25. Cho mạch điện như hình vẽ, hiệu điện thế U, các điện trở r và r' là không đổi, R là biến trở. Tìm liên hệ giữa R_0, r, r' để công suất nhiệt tỏa trên R hầu như không đổi khi R biến thiên nhỏ quanh giá trị R_0. Tính công suất P_0 tương ứng. (R_0 là phần điện trở của R sử dụng trong mạch).



Áp dụng số: U = 80V; r = r'. Người ta muốn có công suất P_0 tỏa trên R_0 bằng 100W. Tính R_0, r và công suất P_t tỏa trên toàn bộ mạch điện.

Bài giải

Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{U}{r + \frac{r'.R}{r'+R}}$.

Hiệu điện thế hai đầu R: $U_R = \frac{U}{r + \frac{r'R}{r'+R}}.\frac{r'R}{r'+R} = \frac{r'RU}{rr' + R(r+r')}$.

Công suất toả nhiệt trên R:

$$P = \frac{U_R^2}{R} \Rightarrow P = \frac{r'^2RU^2}{[rr' + R(r + r')]^2} = \frac{r'^2U^2}{\left[\frac{rr'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r + r')\right]^2}$$

Để P không đổi khi R biến thiên quanh R_0 thì P phải đạt giá trị cực trị:

$$\frac{rr'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r + r') \ge 2\sqrt{rr'(r + r')} \Leftrightarrow \left[\frac{rr'}{\sqrt{R}} + \sqrt{R}(r + r')\right]^2 \ge 4rr'(r + r')$$

$$\Rightarrow P_0 = \frac{r'^2U^2}{4rr'(r + r')} = \frac{r'U^2}{4r(r + r')}$$

Đẳng thức xảy ra khi: $\frac{rr'}{\sqrt{R}} = \sqrt{R}(r + r') \Rightarrow R = \frac{rr'}{r + r'}$.

Áp dụng bằng số:

+ $P_0 = \frac{r.80^2}{4r.2r} = 100 \Leftrightarrow 800r = 80^2 \Rightarrow r = r' = 8\Omega$

  và $R_0 = \frac{rr'}{r + r'} = \frac{8.8}{8 + 8} = 4\Omega$

+ Công suất tỏa nhiệt trên toàn bộ mạch điện:

$$P_t = \frac{U^2}{r + \frac{r'R}{r' + R}} = \frac{80^2}{8 + \frac{8.4}{8 + 4}} = 600W.$$

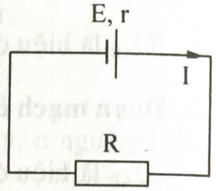
Chuyên đề 9:

ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH – ĐỊNH LUẬT ÔM TỔNG QUÁT

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Định luật Ôm cho toàn mạch (mạch kín)

1. Mạch kín cơ bản (gồm nguồn và điện trở thuần):



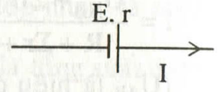
$$I = \frac{E}{R+r}.$$

(R là điện trở của mạch ngoài; E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn).

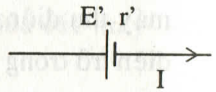
2. Mạch kín gồm nhiều nguồn điện và máy thu mắc nối tiếp với điện trở thuần:

$$I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$$

(R là điện trở tương đương của mạch ngoài; E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn; E', r' là suất điện động và điện trở trong của máy thu điện với quy ước: nguồn khi dòng điện đi vào từ cực âm và đi ra từ cực dương; máy thu khi dòng điện đi vào từ cực dương và đi ra từ cực âm).



Nguồn điện

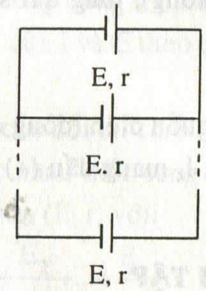


Máy thu

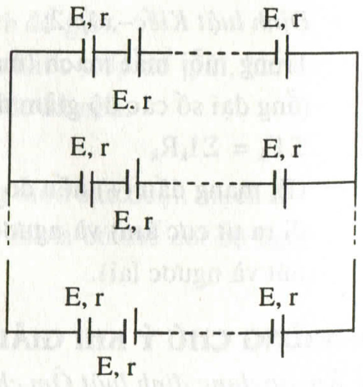
3. Mạch kín gồm nhiều nguồn giống nhau (E, r) mắc thành bộ và điện trở thuần:

$$I = \frac{E_b}{R + r_b}$$

(R là điện trở tương đương của mạch ngoài; E_b, r_b là suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn)



Song song

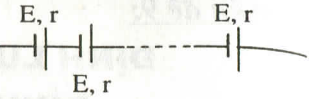


Hỗn hợp đối xứng

+ Nếu n nguồn giống nhau mắc nối tiếp thì: $E_b = nE$; $r_b = nr$.

+ Nếu n nguồn giống nhau mắc song song thì: $E_b = E$; $r_b = \frac{r}{n}$.

+ Nếu N nguồn giống nhau mắc hỗn hợp đối xứng thành m dãy, mỗi dãy có n nguồn thì: $E_b = nE$; $r_b = \frac{nr}{m}$.



Nối tiếp

II. Định luật Ôm cho các loại đoạn mạch (tổng quát)

1. Đoạn mạch chứa nguồn điện nối tiếp với điện trở ngoài: $I = \frac{U_{AB} + E}{R + r}$.

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B)

2. Đoạn mạch chứa máy thu điện và điện trở ngoài: $I = \frac{U_{AB} - E'}{R + r'}$.

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B)

3. Đoạn mạch gồm nhiều nguồn điện và máy thu điện mắc nối tiếp với **điện trở ngoài:**

$$I = \frac{U_{AB} + \Sigma E + \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$$

(U_{AB} là hiệu điện thế tính theo chiều dòng điện: từ A đến B; ΣE là tổng suất điện động của các nguồn điện, $\Sigma E'$ là tổng suất phản điện của các máy thu điện; Σr là tổng điện trở trong của các nguồn điện, $\Sigma r'$ là tổng điện trở trong của các máy thu điện).

4. Định luật Kiếc–xốp

– *Định luật Kiếc–xốp 1*:

Tổng đại số các cường độ dòng điện tại mỗi nút bằng 0.

$\Sigma I_k = 0$

– *Định luật Kiếc–xốp 2*:

Trong mỗi mắt mạch (mạch vòng), tổng đại số các suất điện động bằng tổng đại số các độ giảm thế.

$\Sigma E_k = \Sigma I_k R_k$

(E_k mang dấu (+) nếu đó là nguồn điện (dòng điện đi vào từ cực dương và đi ra từ cực âm) và ngược lại; I_k mang dấu (+) nếu đó là dòng điện đi vào nút và ngược lại).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

1. *Khi áp dụng định luật Ôm cho toàn mạch* cần chú ý:

– Chọn chiều dòng điện trong mạch (nếu đề bài chưa cho), xác định nguồn điện, máy thu theo quy ước: nếu dòng điện đi vào từ cực âm, đi ra từ cực dương thì đó là nguồn điện; nếu dòng điện đi vào từ cực dương, đi ra từ cực âm thì đó là máy thu.

– Với mạch kín chỉ gồm các nguồn điện mắc nối tiếp với điện trở ngoài thì: $I = \frac{\Sigma E}{R + \Sigma r}$. ($\Sigma E$ là tổng suất điện động của các nguồn, Σr là tổng điện trở trong của các nguồn; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

– Với mạch kín gồm các nguồn điện giống nhau mắc với nhau thì: $I = \frac{E_b}{R + r_b}$:

+ Nếu các nguồn giống nhau mắc nối tiếp thì: $E_b = nE$; $r_b = nr$.

+ Nếu các nguồn giống nhau mắc song song thì: $E_b = E$; $r_b = \frac{r}{n}$.

+ Nếu các nguồn giống nhau mắc hỗn hợp đối xứng (m dãy, n nguồn/dãy) thì: $E_b = nE$; $r_b = \frac{nr}{m}$. (E_b là suất điện động của bộ nguồn, r_b là điện trở trong của bộ nguồn; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

– Với mạch kín gồm nhiều nguồn điện và máy thu mắc nối tiếp nhau và mắc với điện trở ngoài thì dùng công thức: $I = \frac{\Sigma E + \Sigma E'}{R + \Sigma r + \Sigma r'}$ (ΣE là tổng suất điện động của các nguồn, Σr là tổng điện trở trong của các nguồn; $\Sigma E'$ là tổng suất phản điện của các máy thu, $\Sigma r'$ là tổng điện trở trong của các máy thu; R là điện trở tương đương của mạch ngoài).

2. *Khi áp dụng định luật Ôm tổng quát* cần chú ý:

– Chọn chiều dòng điện trong mạch (nếu đề bài chưa cho), theo chiều dòng điện xác định nguồn điện, máy thu trong mạch.

– Nếu mạch điện đơn giản (gồm các nguồn điện, máy thu mắc nối tiếp): dùng các công thức định luật Ôm cho các loại đoạn mạch để giải.

– Nếu mạch điện phức tạp: thường dùng 2 định luật Kiếc–xốp để giải, lúc này cần chú ý xác định đúng dấu của I và E theo quy ước đã nêu.

Chú ý:

– Khi giải, nếu tính ra $I < 0$ thì cần đổi lại chiều dòng điện cho đoạn mạch đó.

– Trường hợp có n nguồn khác nhau mắc song song thì ta có thể coi bộ nguồn trên tương đương với một nguồn (E, r) với:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}; \quad \frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \ldots + \frac{E_n}{r_n}$$

và hiệu điện thế giữa hai cực (+ và –) của nguồn tương đương: $U = \frac{\frac{E}{r}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{r}}$.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH – ĐỊNH LUẬT ÔM TỔNG QUÁT

1. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH

9.1. Đèn 3V – 6W mắc vào hai cực ac quy ($E = 3V$, $r = 0{,}5\Omega$). Tính điện trở đèn, cường độ dòng điện, hiệu điện thế và công suất tiêu thụ của đèn.

Bài giải

Điện trở của đèn: $R = \dfrac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \dfrac{3^2}{6} = 1{,}5\Omega$

Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \dfrac{E}{R+r} = \dfrac{3}{1{,}5+0{,}5} = 1{,}5A$.

Hiệu điện thế của đèn: $U = IR = 1{,}5.1{,}5 = 2{,}25V$.

Công suất tiêu thụ của đèn: $P = RI^2 = 1{,}5.1{,}5^2 = 3{,}375W$.

9.2. Vôn kế mắc vào nguồn ($E = 120V$, $r = 10\Omega$) chỉ 119V. Tính điện trở vôn kế.

Bài giải

Gọi R_v là điện trở của vôn kế, I là cường độ dòng điện qua mạch.

Ta có: $U = IR_v = \dfrac{E}{R_v + r}.R_v \Rightarrow R_v = \dfrac{rU}{E-U} = \dfrac{10.119}{120-119} = 1190\,\Omega$

Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_v = 1190\,\Omega$.

9.3. Có 18 pin giống nhau, mỗi pin có $e = 1{,}5V$, $r_0 = 0{,}2\Omega$ được mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 9 pin nối tiếp. Điện trở $R = 2{,}1\Omega$ mắc vào hai đầu bộ pin trên.

a) Tính suất điện động và điện trở trong tương đương của bộ nguồn.

b) Tính cường độ qua R.

Bài giải

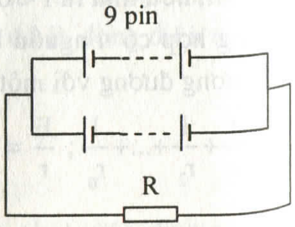
a) Suất điện động và điện trở trong tương đương của bộ nguồn

Suất điện động của bộ nguồn:

$E_b = 9e = 9.1{,}5 = 13{,}5V$

Điện trở trong của bộ nguồn:

$r_b = \dfrac{9r_0}{2} = \dfrac{9.0{,}2}{2} = 0{,}9\,\Omega.$



b) Cường độ dòng điện qua R

Ta có: $I = \dfrac{E_b}{R + r_b} = \dfrac{13{,}5}{2{,}1+0{,}9} = 4{,}5A$.

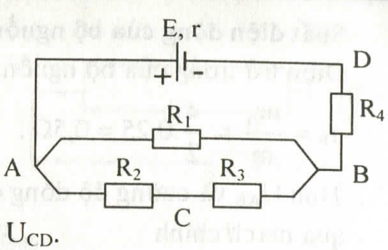
Vậy: Cường độ dòng điện qua R là $I = 4{,}5A$.

9.4. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 12V$, $r = 0{,}1\Omega$, $R_1 = R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, $R_4 = 4{,}4\Omega$.

a) Tìm điện trở tương đương mạch ngoài.

b) Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính và U_{AB}.

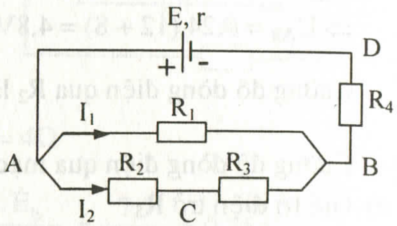
c) Tìm cường độ dòng điện qua mỗi nhánh rẽ và U_{CD}.



Bài giải

a) Điện trở tương đương mạch ngoài

Ta có: $[\{R_2 \text{ nt } R_3\}//R_1] \text{ nt } R_4$



Điện trở tương đương của R_2 và R_3 là:

$R_{23} = R_2 + R_3 = 2 + 4 = 6\Omega$

Điện trở tương đương của R_{23} và R_1 là:

$R_{123} = \dfrac{R_1.R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \dfrac{2.6}{2+6} = 1{,}5\,\Omega$

Điện trở tương đương của mạch ngoài là: $R_N = R_{123} + R_4 = 1{,}5 + 4{,}4 = 5{,}9\Omega$.

b) Cường độ dòng điện qua mạch chính và U_{AB}

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{12}{5{,}9+0{,}1} = 2A$.

Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là: $U_{AB} = IR_{AB} = IR_{123} = 2.1{,}5 = 3V$.

c) Cường độ dòng điện qua mỗi nhánh rẽ và U_{CD}

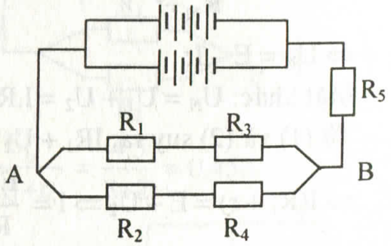
Cường độ dòng điện qua mỗi nhánh rẽ:

$I_1 = \dfrac{U_{AB}}{R_1} = \dfrac{3}{2} = 1{,}5A$; $I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R_{23}} = \dfrac{3}{6} = 0{,}5A$

Hiệu điện thế giữa hai điểm C, D là: $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = U_3 + U_4$

$\Rightarrow U_{CD} = I_3R_3 + I_4R_4 = I_2R_3 + IR_4 = 0{,}5.4 + 2.4{,}4 = 10{,}8V$.

9.5. Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 2 dãy, mỗi dãy 4 pin nối tiếp, mỗi pin có: $e = 1{,}5V$, $r_0 = 0{,}25\Omega$, mạch ngoài, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 4\Omega$. Biết cường độ dòng điện qua R_1 là 0,24A. Tính:



a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn tương đương.

b) U_{AB} và cường độ dòng điện qua mạch chính.

c) Giá trị điện trở R_5.

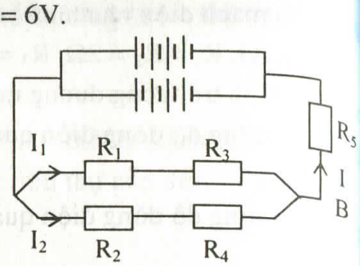
Bài giải

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn

Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = ne = 4.1,5 = 6V$.

Điện trở trong của bộ nguồn:

$$r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{4}{2}.0,25 = 0,5\Omega.$$



b) Tính U_{AB} và cường độ dòng điện qua mạch chính

Hiệu điện thế giữa hai điểm A, B là:

$U_{AB} = U_1 + U_3 = I_1R_1 + I_3R_3 = I_1(R_1 + R_3)$ (vì $I_1 = I_3$)

$\Rightarrow U_{AB} = 0,24.(12 + 8) = 4,8V.$

Cường độ dòng điện qua R_2 là: $I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2+R_4} = \frac{4,8}{1+4} = 0,96A$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 0,24 + 0,96 = 1,2A$.

c) Giá trị điện trở R_5

Từ biểu thức của định luật Ôm: $I = \frac{E_b}{R_N+r_b} \Rightarrow R_NI + r_bI = E_b$

$\Rightarrow U_N = E_b - r_bI = 6 - 0,5.1,2 = 5,4V.$

Mặt khác: $U_N = U_{AB} + U_5 \Rightarrow U_5 = U_N - U_{AB} = 5,4 - 4,8 = 0,6V.$

$$\Rightarrow R_5 = \frac{U_5}{I} = \frac{0,6}{1,2} = 0,5\Omega.$$

9.6. Mạch kín gồm nguồn điện ($E = 200V$; $r = 0,5\Omega$) và hai điện trở $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 500\Omega$ mắc nối tiếp. Một vôn kế mắc song song R_2, chỉ 160V. Tính điện trở của vôn kế.

Bài giải

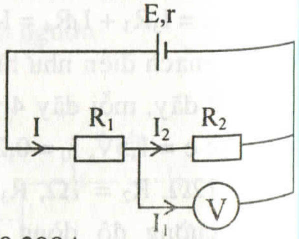
Gọi R_V là điện trở của vôn kế, R_N là điện trở của mạch ngoài.

Ta có: $I = \frac{E}{R_N+r} \Rightarrow IR_N + Ir = E$

$\Rightarrow U_N = E - Ir$ (1)

Mặt khác: $U_N = U_1 + U_2 = I.R_1 + U_2$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $IR_1 + U_2 = E - Ir$



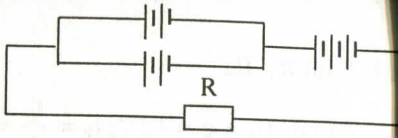
$$\Rightarrow I(R_1 + r) = E - U_2 \Rightarrow I = \frac{E - U_2}{R_1 + r} = \frac{200 - 160}{100 + 0,5} \simeq 0,398A$$

Mà $I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_1 = I - I_2 = I - \frac{U_2}{R_2}$

$$\Rightarrow I = 0,398 - \frac{160}{500} = 0,078A \text{ và } R_V = \frac{U_V}{I_1} = \frac{160}{0,078} = 2051\Omega.$$

Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_V = 2051\,\Omega$.

9.7. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi pin có $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$, $R = 6\Omega$. Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính.



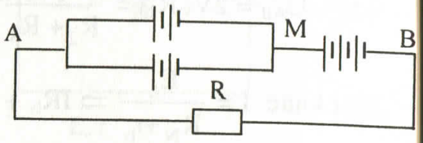
Bài giải

Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_{AM} + E_{MB}$

Ta có: $E_{AM} = ne = 2.1,5 = 3V$

$E_{MB} = n'e = 3.1,5 = 4,5V$

$\Rightarrow E_b = 3 + 4,5 = 7,5V$



Điện trở trong của bộ nguồn:

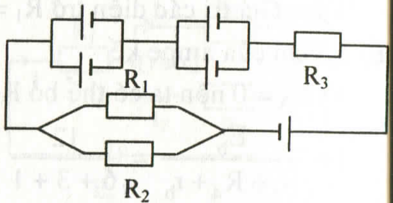
$$r_b = r_{AM} + r_{MB} = \frac{nr_0}{m} + n'r_0 \Rightarrow r_b = \frac{2.1}{2} + 3.1 = 4\Omega$$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R+r_b} = \frac{7,5}{6+4} = 0,75A$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua mạch chính là $I = 0,75A$.

9.8. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi nguồn có: $e = 1,5V$, $r_0 = 1\Omega$, $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 4\Omega$.

Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính.



Bài giải

Suất điện động của bộ nguồn: $E_b = E_{AM} + E_{MN} + E_{BC}$

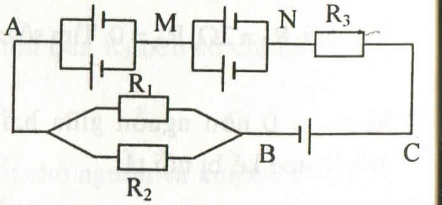
$\Rightarrow E_b = e + e + e = 3e = 3.1,5 = 4,5V$

Điện trở trong của bộ nguồn: $r_b = r_{AM} + r_{MN} + r_{BC}$

$$\Rightarrow r_b = \frac{r_0}{2} + \frac{r_0}{2} + r_0 = 2r_0 = 2.1 = 2\Omega$$

Điện trở mạch ngoài:

$$R_N = R_3 + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = 4 + \frac{6.12}{6 + 12} = 8\Omega$$

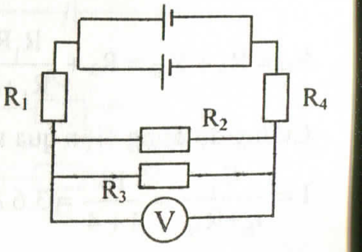


Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N+r_b} = \frac{4,5}{8+2} = 0,45A$.

Vậy: Cường độ mạch chính là $I = 0,45A$.

9.9. Cho mạch điện như hình vẽ, mỗi nguồn $e = 12V$, $r_0 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_1 = 2R_4$, R_V rất lớn.

a) Vôn kế chỉ 2V. Tính R_1, R_4.



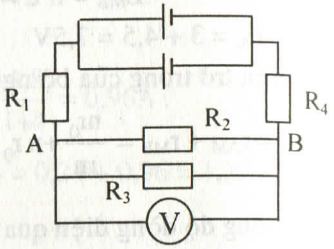
b) Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.

Bài giải

a) Tính R_1, R_4

Ta có: $E_b = e = 12V$; $r_b = \dfrac{r_0}{2} = 1\Omega \Rightarrow I = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}} = \dfrac{U_{AB}}{R_{23}}$

với $U_{AB} = 2V$; $R_{23} = \dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3} = \dfrac{3.6}{3+6} = 2\Omega \Rightarrow I = \dfrac{2}{2} = 1A$



Mặt khác: $I = \dfrac{E_b}{R_N + r_b} \Rightarrow IR_N + Ir_b = E_b$

$\Rightarrow R_N = \dfrac{E_b - Ir_b}{I} = \dfrac{12 - 1.1}{1} = 11\Omega$

và $R_N = R_1 + R_{23} + R_4 = 3R_4 + R_{23} = 3R_4 + 2$

$\Rightarrow R_4 = \dfrac{R_N - 2}{3} = \dfrac{11-2}{3} = 3\Omega$ và $R_1 = 2R_4 = 2.3 = 6\Omega$.

Vậy: Giá trị các điện trở $R_1 = 6\,\Omega$; $R_4 = 3\,\Omega$.

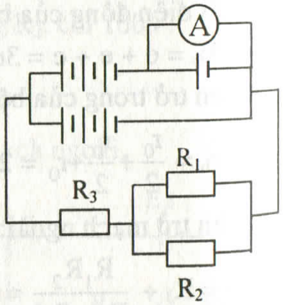
b) Số chỉ của ampe kế

Vì $R_A = 0$ nên ta có thể bỏ R_2 và R_3. Cường độ dòng điện qua mạch:

$I = \dfrac{E_b}{R_1 + R_4 + r_b} = \dfrac{12}{6+3+1} = 1{,}2A$

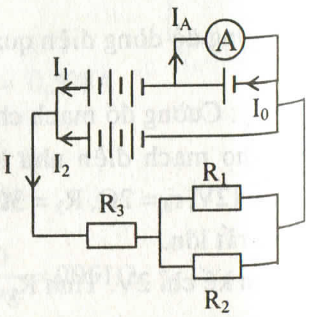
Vậy: Số chỉ ampe kế là 1,2A.

9.10. Có 7 nguồn điện giống nhau, mỗi nguồn có $e = 6V$, $r_0 = \dfrac{2}{3}\Omega$ mắc như hình vẽ. $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_A = 0$. Tìm số chỉ của ampe kế.



Bài giải

Vì $R_A = 0$ nên nguồn giữa hai điểm mắc ampe kế bị nối tắt.



Ta có: $E_b = ne = 3.6 = 18V$; $r_b = \dfrac{nr_0}{m} = \dfrac{3.\frac{2}{3}}{2} = 1\,\Omega$;

$R_N = R_3 + R_{12} = R_3 + \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2} = 2 + \dfrac{3.6}{3+6} = 4\,\Omega$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

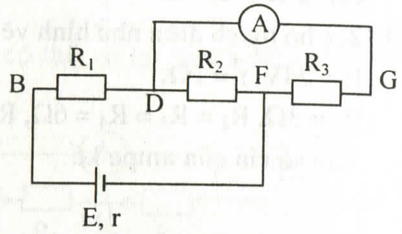
$I = \dfrac{E_b}{r_b + R_N} = \dfrac{18}{1+4} = 3{,}6\,A$

Số chỉ ampe kế: $I_A = I_0 - I_1$ với $I_1 = \dfrac{I}{2} = \dfrac{3{,}6}{2} = 1{,}8A$; $I_0 = \dfrac{e_0}{r} = \dfrac{6}{\frac{2}{3}} = 9A$.

$\Rightarrow I_A = 9 - 1{,}8 = 7{,}2A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế là $I_A = 7{,}2A$.

9.11. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 30V$, $r = 3\Omega$, $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 36\Omega$, $R_3 = 18\Omega$, $R_A = 0$.



a) Tìm số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua nó.

b) Đổi chỗ nguồn E và ampe kế (cực dương của E nối với G). Tìm số chỉ và chiều dòng điện qua ampe kế.

Bài giải

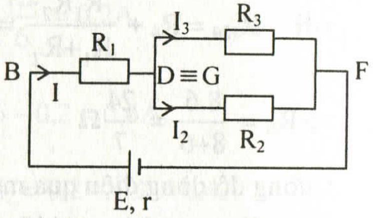
a) Số chỉ của ampe kế và chiều dòng điện qua nó

Vì điện trở của ampe kế $R_A = 0$ nên mạch có thể được vẽ lại:

Ta có:

Điện trở mạch ngoài:

$R_N = R_1 + \dfrac{R_2R_3}{R_2+R_3} = 12 + \dfrac{36.18}{36+18} = 24\Omega$



Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{30}{24+3} = \dfrac{10}{9}A \Rightarrow U_{DF} = IR_{23} = \dfrac{10}{9}.12 = \dfrac{40}{3}V$.

$\Rightarrow I_3 = \dfrac{U_{DF}}{R_3} = \dfrac{40}{3.18} = \dfrac{20}{27}A$.

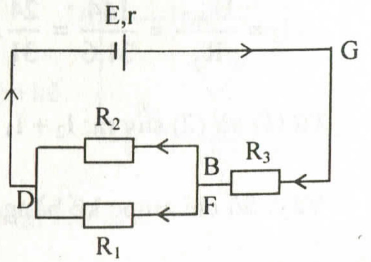
Vì số chỉ ampe kế chính là cường độ dòng điện qua R_3 nên số chỉ của ampe kế là $\dfrac{20}{27}A$ và dòng điện có chiều từ D đến G.

b) Số chỉ và chiều dòng điện qua ampe kế khi đổi chỗ nguồn và ampe kế

Khi đổi chỗ nguồn E và ampe kế, ta có mạch điện như sau:

+ Điện trở tương đương mạch ngoài:

$R'_N = R_3 + \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2} = 18 + \dfrac{12.36}{12+36} = 27\Omega$



+ Cường độ dòng điện mạch chính:

$I' = \dfrac{E}{R'_N + r} = \dfrac{30}{27+3} = 1A$

$$\Rightarrow U_{BD} = I'R_N = 1.9 = 9V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{BD}}{R_1} = \frac{9}{12} = 0{,}75A$$

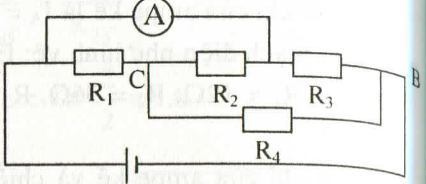
Vậy: Khi đổi chỗ nguồn và ampe kế, ampe kế chỉ 0,75A và dòng điện có chiều từ F đến B.

9.12. Cho mạch điện như hình vẽ:

$E = 24V$, $r = 1\Omega$,

$R_1 = 3\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 6\Omega$, $R_A = 0$.

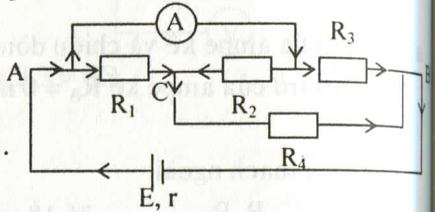
Tìm số chỉ của ampe kế.



Bài giải

Vì $R_A = 0$ nên mạch được vẽ lại như sau:

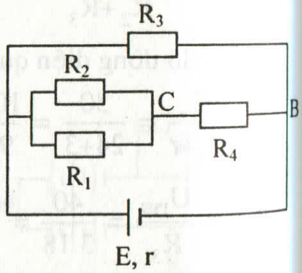
Số chỉ của ampe kế bằng tổng dòng điện qua R_2 và R_3



Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_{124}.R_3}{R_{124}+R_3}$.

với $R_{124} = R_4 + \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = 6+\frac{3.6}{3+6} = 8\Omega$.

$$\Rightarrow R_N = \frac{8.6}{8+6} = \frac{24}{7}\Omega$$



Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{24}{\frac{24}{7}+1} = \frac{168}{31}A$$

$$\Rightarrow U_{AB} = IR_N = \frac{168}{31}.\frac{24}{7} = \frac{576}{31}V$$

$$\Rightarrow I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{576}{31.6} = \frac{96}{31}A \qquad (1)$$

và $I_{124} = \frac{U_{AB}}{R_{124}} = \frac{576}{31.8} = \frac{75}{31}A \Rightarrow U_{AC} = I_{124}.R_{12} = \frac{72}{31}.2 = \frac{144}{31}V$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{AC}}{R_2} = \frac{144}{31.6} = \frac{24}{31}A \qquad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 + I_3 = \frac{24}{31}+\frac{96}{31} = \frac{120}{31}A$.

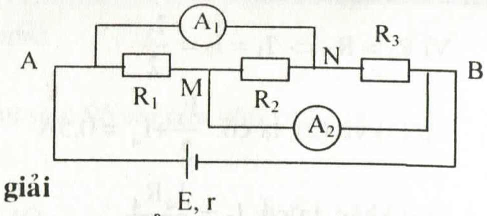
Vậy: Số chỉ ampe kế bằng $\frac{120}{31}$A.

9.13. Cho mạch điện như hình vẽ:

$R_1 = R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $r = 5\Omega$,

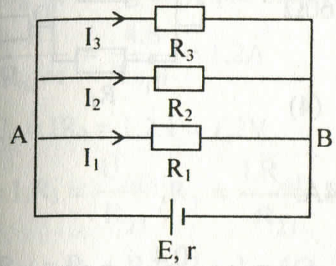
$R_A = 0$. Ampe kế chỉ 0,6A.

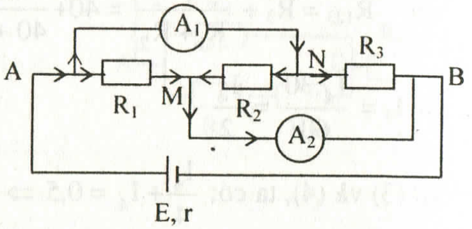
Tính E và số chỉ của ampe kế A_2.



Bài giải

Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 nên ta có thể vẽ lại mạch điện như hình sau [$R_1 // R_2 // R_3$]:





Số chỉ của ampe kế A_1 bằng tổng I_2 và I_3: $I_2 + I_3 = 0{,}6A = I_{23}$

$$\Rightarrow U_{AB} = I_{23}.R_{23} = 0{,}6.2 = 1{,}2V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{1{,}2}{6} = 0{,}2A$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{1{,}2}{6} = 0{,}2A \text{ và } I_3 = I_{23} - I_2 = 0{,}6 - 0{,}2 = 0{,}4A.$$

Số chỉ của ampe kế A_2 bằng tổng I_1 và I_2: $I_1 + I_2 = 0{,}2 + 0{,}2 = 0{,}4A$.

Tìm E: Ta có: $I = \frac{E}{R_N+r} \Rightarrow E = I(R_N + r)$

với: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}4 = 0{,}8A$

$$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} = \frac{1}{6}+\frac{1}{6}+\frac{1}{3} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_N = \frac{3}{2} = 1{,}5\Omega$$

và $E = 0{,}8.(1{,}5 + 5) = 5{,}2V$.

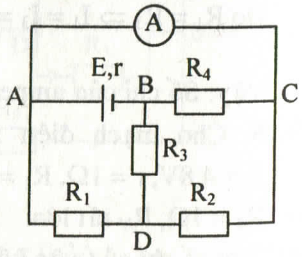
Vậy: Suất điện động của nguồn là $E = 5{,}2V$; số chỉ A_2 là 0,4A.

9.14. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_2 = R_3 = 40\Omega$, $R_4 = 30\Omega$, $r = 10\Omega$, $R_A = 0$.

Ampe kế chỉ 0,5A.

a) Tính suất điện động của nguồn.

b) Đổi chỗ nguồn và ampe kế. Tìm số chỉ của ampe kế.



Bài giải

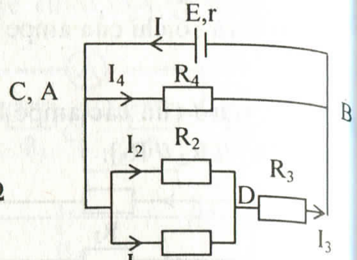
a) Suất điện động của nguồn

Vì ampe kế có $R_A = 0$ nên mạch có thể được vẽ lại như sau:

Số chỉ của ampe kế bằng: $I_2 + I_4 = 0{,}5A \qquad (1)$

Vì $R_1 = R_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = \dfrac{I_3}{2}$ (2)

Từ (1) và (2), ta có: $\dfrac{I_3}{2} + I_4 = 0{,}5A$ (3)



Mặt khác, ta có: $I_3 = \dfrac{I_4R_4}{R_{123}}$

với $R_{123} = R_3 + \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = 40 + \dfrac{40.40}{40 + 40} = 60\Omega$

$\Rightarrow I_3 = \dfrac{I_4.30}{60} = \dfrac{I_4}{2}$ (4)

Từ (3) và (4), ta có: $\dfrac{I_4}{4} + I_4 = 0{,}5 \Rightarrow I_4 = 0{,}4A$.

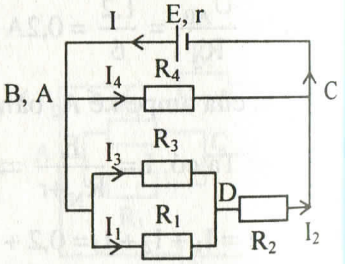
Do đó: $U_{AB} = I_4R_4 = 0{,}4.30 = 12V$ và $I = I_4 + I_3 = 0{,}4 + \dfrac{0{,}4}{2} = 0{,}6A$

Mặt khác: $U_{AB} = E - Ir \Rightarrow E = U_{AB} + I.r = 12 + 0{,}6.10 = 18V$.

Vậy: Suất điện động của nguồn là E = 18V.

b) Số chỉ của ampe kế

Khi đổi chỗ nguồn và ampe kế, mạch điện được vẽ lại như sau:



Số chỉ của ampe kế bằng: $I_3 + I_4$.

Điện trở mạch ngoài: $R_N = \dfrac{R_{123}.R_4}{R_{123} + R_4}$

với: $R_{123} = R_2 + \dfrac{R_1R_3}{R_1 + R_3} = 40 + \dfrac{40.40}{40+40} = 60\Omega$.

So với câu a thì R_{123} không đổi nên dòng điện qua mạch vẫn không đổi: $I = 0{,}6A$ và $I_4 = 0{,}4A$

Do $R_1 = R_3 \Rightarrow I_1 = I_3 = \dfrac{I_2}{2} = \dfrac{I_4.R_4}{R_{123}.2} = \dfrac{0{,}4.30}{60.2} = 0{,}1A$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là: $I_4 + I_3 = 0{,}4 + 0{,}1 = 0{,}5A$.

9.15. Cho mạch điện như hình vẽ:

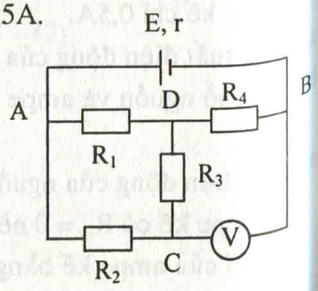
$E = 4{,}8V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$,

$R_4 = 1\Omega$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ của vôn kế.

b) Thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$.

Tìm số chỉ của ampe kế.



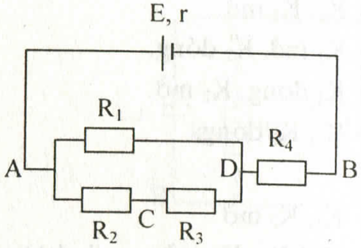
Bài giải

a) Số chỉ của vôn kế

Vì R_V rất lớn nên mạch được vẽ lại như sau: Số chỉ của vôn kế bằng U_{AB}

Điện trở mạch ngoài:

$R_N = R_4 + \dfrac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} = 1 + \dfrac{3.(3+3)}{3+3+3} = 3\Omega$



Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{4{,}8}{3 + 1} = 1{,}2A$

$\Rightarrow U_4 = IR_4 = 1{,}2.1 = 1{,}2V$

$U_3 = I_3R_3 = \dfrac{U_{AD}}{R_{23}}.R_3 = \dfrac{I.R_{AD}}{R_{23}}.R_3$

với $R_{23} = R_2 + R_3 = 3 + 3 = 6\Omega$

$\Rightarrow R_{AD} = \dfrac{R_1R_{23}}{R_1 + R_{23}} = \dfrac{3.6}{3+6} = 2\Omega \Rightarrow U_3 = \dfrac{1{,}2.2}{6}.3 = 1{,}2V$

Vậy: Số chỉ của vôn kế là: $U_{CB} = U_{CD} + U_{DB} = U_3 + U_4 = 1{,}2 + 1{,}2 = 2{,}4V$.

b) Số chỉ của ampe kế

Khi thay vôn kế bằng ampe kế có $R_A = 0$ thì mạch được vẽ lại như sau:

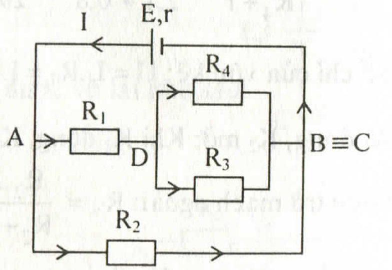
Số chỉ của ampe kế bằng: $I_2 + I_3$.

Điện trở mạch ngoài: $R_N = \dfrac{R_{134}R_2}{R_{134} + R_2}$,

với $R_{134} = R_1 + \dfrac{R_3R_4}{R_3 + R_4} = 3 + \dfrac{3.1}{3+1} = 3{,}75\Omega \Rightarrow R_N = \dfrac{3{,}75.3}{3{,}75 + 3} = \dfrac{5}{3}\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{4{,}8}{\dfrac{5}{3} + 1} = \dfrac{9}{5} = 1{,}8A$



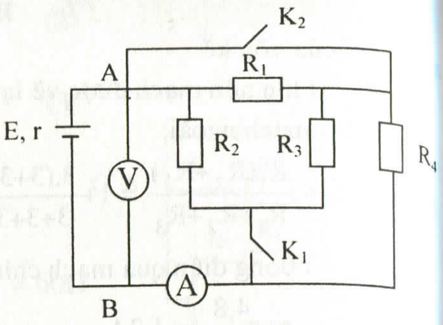
và $I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R_2} = \dfrac{I.R_N}{R_2} = \dfrac{1{,}8.\dfrac{5}{3}}{3} = 1A$.

$I_1 = I - I_2 = 1{,}8 - 1 = 0{,}8A$.

$I_3 = \dfrac{U_{DB}}{R_3} = \dfrac{I_1.R_{DB}}{R_3} = \dfrac{I_1.R_3.R_4}{R_3(R_3 + R_4)} = \dfrac{I_1R_4}{R_3 + R_4} = \dfrac{0{,}8.1}{3+1} = 0{,}2A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế: $I_2 + I_3 = 1 + 0{,}2 = 1{,}2A$.

9.16. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 11{,}5V$, $r = 0{,}8\Omega$, $R_1 = 4{,}2\Omega$, $R_2 = R_3 = R_4 = 2{,}1\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tìm số chỉ ampe kế, vôn kế nếu:



a) K_1, K_2 mở.

b) K_1 mở, K_2 đóng.

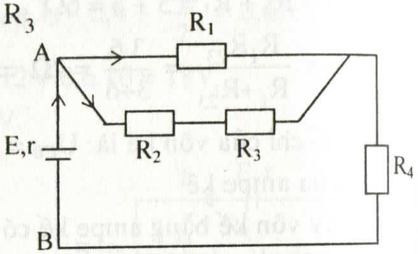
c) K_1 đóng, K_2 mở.

d) K_1, K_2 đóng.

Bài giải

a) K_1, K_2 mở

Khi K_1, K_2 mở, mạch được vẽ lại như sau: Lúc đó, số chỉ của ampe kế bằng dòng điện qua mạch chính I; số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế U_{AB}.



Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_4 + \frac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3}$

$\Rightarrow R_N = 2{,}1 + \frac{4{,}2.(2{,}1+2{,}1)}{4{,}2+2{,}1+2{,}1} = 4{,}2\Omega$

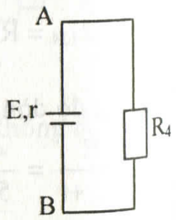
Cường độ dòng qua mạch chính:

$I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{11{,}5}{4{,}2+0{,}8} = 2{,}3A$

Hiệu điện thế hai đầu A, B: $U_{AB} = I.R_N = 2{,}3.4{,}2 = 9{,}66V$.

Vậy: Số chỉ ampe kế là 2,3A; số chỉ vôn kế là 9,66V.

b) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

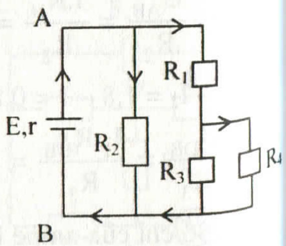


Số chỉ của ampe kế bằng I_4:

$I_4 = I = \frac{E}{R_4+r} = \frac{11{,}5}{2{,}1+0{,}8} = \frac{115}{29} \approx 4A$

Số chỉ của vôn kế: $U = I_4.R_4 = I.R_4 = \frac{115}{29}.2{,}1 = 8{,}3V$.

c) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch điện được vẽ lại như sau:



Điện trở mạch ngoài: $R_N = \frac{R_2.R_{134}}{R_2+R_{134}}$.

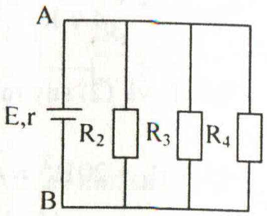
với $R_{134} = R_1 + \frac{R_3.R_4}{R_3+R_4} = 4{,}2 + \frac{2{,}1.2{,}1}{2.1+2.1} = 5{,}25\Omega$

$\Rightarrow R_N = \frac{2{,}1.5{,}25}{2{,}1+5{,}25} = 1{,}5\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{11{,}5}{1{,}5+0{,}8} = 5A$

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 5A; số chỉ của vôn kế là: $U_{AB} = IR_N = 5.1{,}5 = 7{,}5V$

d) K_1, K_2 đóng: Khi K_1, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:



Điện trở mạch ngoài:

$\frac{1}{R_N} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{2{,}1} + \frac{1}{2{,}1} + \frac{1}{2{,}1} = \frac{3}{2{,}1}$

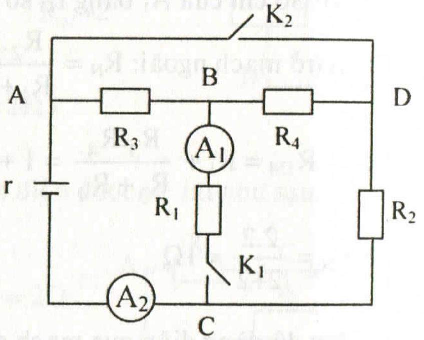
$\Rightarrow R_N = 0{,}7\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{11{,}5}{0{,}7+0{,}8} = 7{,}67A$

Vậy: Số chỉ ampe kế là 7,67A; số chỉ vôn kế là: $U_{AB} = I.R_N = \frac{23}{3}.0{,}7 \approx 5{,}37V$.

9.17. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 12V$, $r = 2\Omega$, $R_3 = R_4 = 2\Omega$, điện trở các ampe kế rất nhỏ.



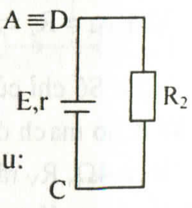
a) K_1 mở, K_2 đóng, ampe kế A chỉ 3A. Tính R_2.

b) K_1 đóng, K_2 mở, ampe kế A_1 chỉ 2A. Tính R_1.

c) K_1, K_2 đều đóng. Tìm số chỉ các ampe kế.

Bài giải

a) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch được vẽ lại như sau:



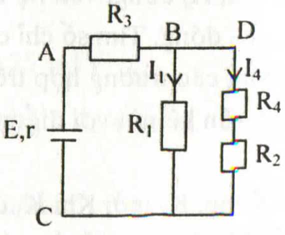
Từ: $I = \frac{E}{r+R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{E-Ir}{I} = \frac{12-3.2}{3} = 2\Omega$

Vậy: Giá trị của điện trở R_2 là $R_2 = 2\Omega$.

b) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch được vẽ lại như sau:

Ta có: $I_1 = 2A \Rightarrow U_{BC} = I_1R_1 = 2R_1$.

$\Rightarrow I_4 = \frac{U_{BC}}{R_{24}} = \frac{2R_1}{2+2} = \frac{R_1}{2}$



Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = I_1 + I_4 = 2R_1 + \frac{R_1}{2} = 2{,}5R_1$ (1)

Mặt khác, ta có: $I = \frac{E}{R_N+r}$

với: $R_N = R_3 + \dfrac{R_1.(R_4+R_2)}{R_1+R_4+R_2} = 2 + \dfrac{R_1.(2+2)}{R_1+2+2} = 2 + \dfrac{4R_1}{4+R_1}$

$$\Rightarrow I = \dfrac{12}{2 + \dfrac{4R_1}{4+R_1} + 2} = \dfrac{12.(4+R_1)}{16+8R_1} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $2{,}5R_1 = \dfrac{12.(4+R_1)}{16+8R_1}$

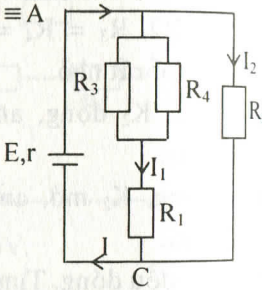
$\Leftrightarrow 40R_1 + 20R_1^2 = 48 + 12R_1 \Leftrightarrow 20R_1^2 + 28R_1 - 48 = 0$

$\Rightarrow R_1 = 1\Omega$ và $R_1 = -\dfrac{12}{5} < 0$: (loại).

Vậy: Giá trị của điện trở R_1 là $R_1 = 1\Omega$.

c) K_1, K_2 đều đóng: Khi K_1, K_2 đều đóng, mạch được vẽ lại như sau:

Ta có: Số chỉ của A_1 bằng I_1; số chỉ của A bằng I.



Điện trở mạch ngoài: $R_N = \dfrac{R_2.R_{134}}{R_2+R_{134}}$

với: $R_{134} = R_1 + \dfrac{R_3.R_4}{R_3+R_4} = 1 + \dfrac{2.2}{2+2} = 2\Omega$

$\Rightarrow R_N = \dfrac{2.2}{2+2} = 1\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{12}{1+2} = 4A$.

Vì $R_{134} = R_2 \Rightarrow I_1 = I_2 = \dfrac{I}{2} = \dfrac{4}{2} = 2A$.

Vậy: Số chỉ của các ampe kế là 4A và 2A.

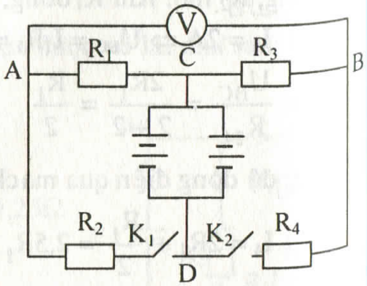
9.18. Cho mạch điện như hình vẽ: mỗi pin $E_0 = 1{,}5V$, $r_0 = 2\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 1\Omega$, $R_3 = 4\Omega$, R_V rất lớn.

a) K_1 đóng, K_2 mở. Tìm số chỉ của vôn kế.

b) K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ 1,5V. Tính R_4.

c) K_1, K_2 đóng. Tìm số chỉ của vôn kế.

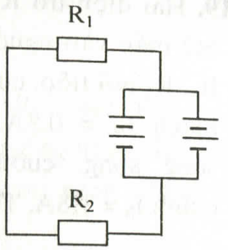
Trong các trường hợp trên, cực dương của vôn kế nối với điểm nào?



Bài giải

a) K_1 đóng, K_2 mở: Khi K_1 đóng, K_2 mở, mạch điện được vẽ lại như sau:

Số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế giữa hai đầu R_1.



Ta có: $E_b = ne = 2.1{,}5 = 3V$; $r_b = \dfrac{ne}{m} = \dfrac{2.2}{2} = 2\Omega$.

$R_N = R_1 + R_2 = 2 + 1 = 3\Omega$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

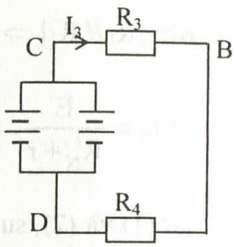
$I = \dfrac{E_b}{R_N + r_b} = \dfrac{3}{3+2} = 0{,}6A$.

$\Rightarrow I_1 = I = 0{,}6A$; $U_1 = I_1R_1 = 0{,}6.2 = 1{,}2V$.

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 1,2V.

b) K_1 mở, K_2 đóng: Khi K_1 mở, K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:

Số chỉ của vôn kế bằng hiệu điện thế hai đầu R_3: $U_3 = 1{,}5V$.



$\Rightarrow I_3 = \dfrac{U_3}{R_3} = \dfrac{1{,}5}{4} = 0{,}375A$

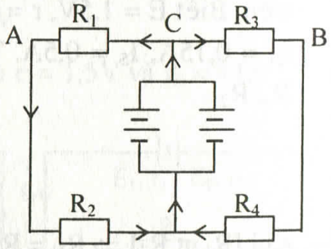
Mặt khác, ta có: $I_3 = I = \dfrac{E_b}{R_N + r_b} \Leftrightarrow 0{,}375 = \dfrac{3}{R_N + 2}$.

$\Rightarrow R_N = 6\Omega$

Vì: $R_N = R_3 + R_4 \Rightarrow R_4 = R_N - R_3 = 6 - 4 = 2\Omega$.

Vậy: Giá trị của điện trở R_4 là: $R_4 = 2\Omega$.

c) K_1, K_2 đều đóng: Khi K_1 và K_2 đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:



Điện trở mạch ngoài:

$R_N = \dfrac{(R_1+R_2)(R_3+R_4)}{R_1+R_2+R_3+R_4} = \dfrac{(2+1).(4+2)}{2+1+4+2} = 2\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \dfrac{E_b}{R_N + r_b} = \dfrac{3}{2+2} = 0{,}75A$

Vì: $R_{12} = R_1 + R_2 = 2 + 1 = 3\Omega$,

$R_{34} = R_3 + R_4 = 4 + 2 = 6\Omega$

$\Rightarrow I_{12} = 2I_{34}$

Mà $I_{12} + I_{34} = I = 0{,}75 \Rightarrow I_{12} = 0{,}5A$; $I_{34} = 0{,}25A$.

$\Rightarrow I_1 = I_{12} = 0{,}5A \Rightarrow U_{R_1} = U_{CA} = R_1I_1 = 2.0{,}5 = 1V$.

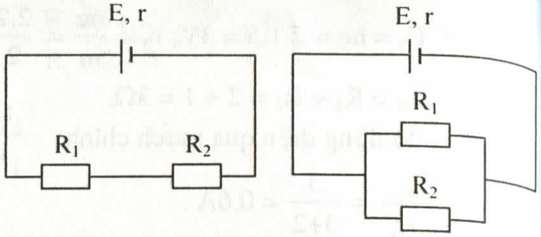
và $I_3 = I_{34} = 0{,}25A \Rightarrow U_{R_3} = U_{CB} = R_3I_3 = 4.0{,}25 = 1V$

$\Rightarrow$ Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = -U_{CA} + U_{CB} = -1 + 1 = 0$.

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 0.

Trong các trường hợp trên cực dương của vôn kế luôn nối với A.

9.19. Hai điện trở $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$ mắc vào nguồn (E, r). Khi R_1, R_2 nối tiếp, cường độ trong mạch $I_N = 0,5A$. Khi R_1, R_2 song song, cường độ mạch chính $I_S = 1,8A$. Tìm E, r.



Bài giải

– Khi $[R_1 \text{ nt } R_2] \Rightarrow R_N = R_1 + R_2 = 2 + 6 = 8\Omega$.

$$\Rightarrow I_N = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow 0,5 = \frac{E}{8 + r} \quad (1)$$

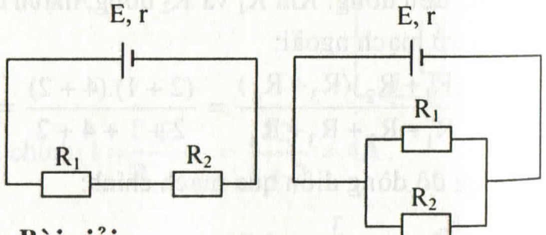
– Khi $[R_1 // R_2] \Rightarrow R'_N = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2.6}{2 + 6} = 1,5\Omega$.

$$\Rightarrow I_S = \frac{E}{R'_N + r} \Rightarrow 1,8 = \frac{E}{1,5 + r} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2), suy ra: $\begin{cases} 4 + 0,5r = E \\ 2,7 + 1,8r = E \end{cases} \Rightarrow r = 1\Omega;\ E = 4,5V.$

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là $E = 4,5V$ và $r = 1\,\Omega$.

9.20. Cho mạch điện như bài trên. Biết $E = 1,5V$, $r = 1\Omega$, $I_N = 0,15A$, $I_S = 0,5A$. Tìm R_1, R_2.



Bài giải

– Khi $[R_1 \text{ nt } R_2] \Rightarrow R_N = R_1 + R_2$

Ta có: $I_N = \frac{E}{R_N + r} \Rightarrow R_N = \frac{E}{I_N} - r = \frac{1,5}{0,15} - 1 = 9\Omega$.

$$\Rightarrow R_1 + R_2 = 9\Omega \quad (1)$$

– Khi $[R_1 // R_2] \Rightarrow R'_N = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2}$

Ta có: $I_S = \frac{E}{R'_N + r} \Rightarrow R'_N = \frac{E}{I_S} - r = \frac{1,5}{0,5} - 1 = 2\Omega$.

$$\Rightarrow \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = 2 \quad (2)$$

– Giải hệ (1) và (2) ta được: $\left[\begin{array}{l} R_1 = 6\Omega \\ R_1 = 3\Omega \end{array}\right.$ và $\left[\begin{array}{l} R_2 = 3\Omega \\ R_2 = 6\Omega \end{array}\right.$.

Vậy: Giá trị các điện trở R_1, R_2 là $R_1 = 6\,\Omega$, $R_2 = 3\,\Omega$ hoặc $R_1 = 3\,\Omega$, $R_2 = 6\,\Omega$.

9.21. Điện trở $R = 2\Omega$ mắc vào một bộ nguồn gồm hai pin giống nhau. Khi hai pin nối tiếp, cường độ qua R là $I_1 = 0,75A$. Khi hai pin song song cường độ qua R là $I_2 = 0,6A$. Tìm e, r_0 của mỗi pin.

Bài giải

– Khi 2 pin mắc nối tiếp: $E_b = 2e$; $r_b = 2r_0$.

Ta có: $I_1 = \frac{E_b}{R + r_b} \Leftrightarrow 0,75 = \frac{2e}{2 + 2.r_0}$

$$\Leftrightarrow 0,75 + 0,75r_0 = e \quad (1)$$

– Khi 2 pin mắc song song: $E_b = e$; $r_b = \frac{r_0}{2}$.

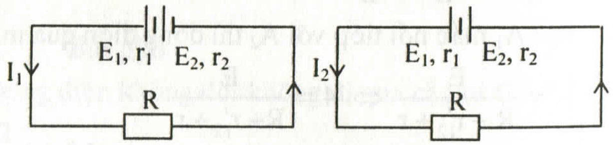
Ta có: $I_2 = \frac{E_b}{R + r_b} \Leftrightarrow 0,6 = \frac{e}{2 + \frac{r_0}{2}}$

$$\Leftrightarrow 2,4 + 0,6r_0 = 2e \quad (2)$$

– Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases} 0,75 + 0,75r_0 = e \\ 2,4 + 0,6r_0 = 2e \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_0 = 1\Omega \\ e = 1,5V \end{cases}$.

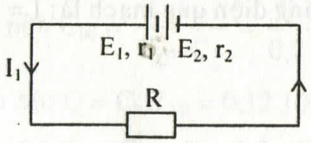
Vậy: Suất điện động và điện trở trong của mỗi pin là $e = 1,5V$ và $r_0 = 1\,\Omega$.

9.22. Cho mạch điện gồm hai nguồn ($E_1 = 18V$, $r_1 = 1\Omega$), (E_2, r_2) mắc theo hai cách như hình. Biết $R = 9\Omega$, $I_1 = 2,5A$, $I_2 = 0,5A$.

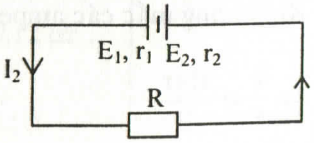


Dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ. Tìm E_2, r_2.

Bài giải



Hình a



Hình b

– Ở hình a, ta có: $I_1 = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R} \Leftrightarrow 2,5 = \frac{18 + E_2}{1 + r_2 + 9} \Leftrightarrow 25 + 2,5r_2 = 18 + E_2$

$$\Leftrightarrow 2,5r_2 - E_2 + 7 = 0 \quad (1)$$

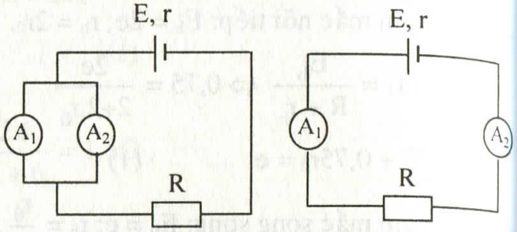
- Ở hình b, ta có: $I_2 = \dfrac{E_1 - E_2}{r_1 + r_2 + R} \Leftrightarrow 0{,}5 = \dfrac{18 - E_2}{1 + r_2 + 9} \Leftrightarrow 5 + 0{,}5r_2 = 18 - E_2$

$\Leftrightarrow 0{,}5r_2 + E_2 - 13 = 0 \quad (2)$

- Kết hợp (1)và (2), ta được: $\begin{cases} 2{,}5r_2 - E_2 + 7 = 0 \\ 0{,}5r_2 + E_2 - 13 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r_2 = 2\Omega \\ E_2 = 12V \end{cases}$.

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn thứ hai là $E_2 = 12V$ và $r = 2\Omega$.

9.23. Nguồn (E, r), điện trở R và hai ampe kế A_1, A_2 có điện trở r_1, r_2 mắc như hình. Biết E = 6V. Khi A_1, A_2 song song các ampe kế chỉ $I_1 = 2A$, $I_2 = 3A$. Khi A_1, A_2 nối tiếp $I_1^{'} = I_2^{'} = I^{'} = 4A$. Tìm cường độ dòng điện qua R khi không mắc ampe kế.



Bài giải

- Khi A_1 mắc song song với A_2 thì dòng điện qua mạch chính là:

$I_S = I_1 + I_2 = 2 + 3 = 5A$

Mặt khác: $I_S = \dfrac{E}{R + r_{12} + r} \Leftrightarrow 5 = \dfrac{E}{R + r + r_{12}}$

$\Rightarrow \dfrac{1}{5} = \dfrac{R + r}{E} + \dfrac{r_{12}}{E} \quad (1)$

- Khi A_1 mắc nối tiếp với A_2 thì dòng điện qua mạch chính là:

$I_N = \dfrac{E}{R + r'_{12} + r} \Leftrightarrow 4 = \dfrac{E}{R + r'_{12} + r}$

$\Rightarrow \dfrac{1}{4} = \dfrac{R + r}{E} + \dfrac{r'_{12}}{E} \quad (2)$

- Khi không mắc các ampe kế thì dòng điện qua mạch là: $I = \dfrac{E}{R+r}$.

$\Rightarrow \dfrac{1}{I} = \dfrac{R+r}{E} \quad (3)$

- Kết hợp (1), (2), (3) ta có: $\begin{cases} \dfrac{1}{5} = \dfrac{1}{I} + \dfrac{r_{12}}{6} & (4) \\ \dfrac{1}{4} = \dfrac{1}{I} + \dfrac{r'_{12}}{6} & (5) \end{cases}$, với: $r_{12} = \dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ và $r'_{12} = r_1 + r_2$

Vì : $r_1 I_1 = r_2 I_2 \Rightarrow r_1 = \dfrac{I_2}{I_1} r_2 = \dfrac{3}{2} r_2 = 1{,}5r_2$

$\Rightarrow r_{12} = \dfrac{1{,}5r_2^2}{1{,}5r_2 + r_2} = 0{,}6r_2 \quad (6)$

và $r'_{12} = 1{,}5r_2 + r_2 = 2{,}5r_2 \quad (7)$

- Từ (4), (5), (6), (7), ta có: $\begin{cases} \dfrac{1}{5} = \dfrac{1}{I} + \dfrac{0{,}6r_2}{6} \\ \dfrac{1}{4} = \dfrac{1}{I} + \dfrac{2{,}5R_2}{6} \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{1}{I} + 0{,}1r_2 = 0{,}2 \\ \dfrac{1}{I} + \dfrac{2{,}5}{6} r_2 = 0{,}25 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \dfrac{1}{I} = \dfrac{7}{38} \Rightarrow I = \dfrac{38}{7} \simeq 5{,}43A \\ r_2 = \dfrac{3}{19}\Omega \end{cases}$

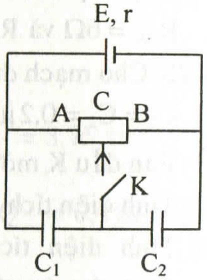
Vậy: Dòng điện qua mạch lúc đó là I = 5,43A.

9.24. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 12V, r = 2Ω, $R_{AB} = 10\Omega$, $C_1 = 0{,}2\,\mu F$, $C_2 = 0{,}3\,\mu F$.

a) Tính điện tích mỗi tụ khi:

- K mở.
- K đóng và C ở trung điểm AB.

b) Tìm vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi.

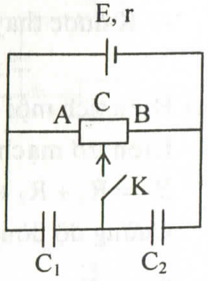


Bài giải

a) Điện tích trên mỗi bản tụ: Dòng điện không đổi không đi qua các tụ C_1 và C_2:

- Khi K mở: $I = \dfrac{E}{R_{AB} + r} = \dfrac{12}{10+2} = 1A$

  + Hiệu điện thế giữa hai đầu bộ tụ: $U_{AB} = IR_{AB} = 10V$.
  + Vì [C_1 nt C_2] nên $C_{bộ} = \dfrac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \dfrac{0{,}2.0{,}3}{0{,}2 + 0{,}3} = 0{,}12\ \mu F$.
  + Điện tích của bộ: $Q = C_b U_{AB} = 0{,}12.10 = 1{,}2\ \mu C$.
  + Vì [C_1 nt C_2] nên $Q_1 = Q_2 = Q = 1{,}2\ \mu C$.



- Khi K đóng: Vì C là trung điểm của AB nên: $R_{AC} = R_{CB} = \dfrac{R_{AB}}{2} = \dfrac{10}{2} = 5\Omega$.

Ta có: $U_{C1} = U_{AC} = IR_{AC} = 1.5 = 5V$; $U_{C2} = U_{CB} = IR_{CB} = 1.5 = 5V$.

và $Q_1 = C_1U_{C_1} = 0,2.5 = 1\ \mu C$; $Q_2 = C_2U_{C_2} = 0,3.5 = 1,5\ \mu C$.

Vậy: Khi K mở thì $Q_1 = Q_2 = Q = 1,2\mu C$; khi K đóng thì $Q_1 = 1\mu C$, $Q_2 = 1,5\mu C$.

b) Vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi

Gọi $R_{AC} = x \Rightarrow R_{CB} = 10 - x$; U_{C_1}, U_{C_2} là hiệu điện thế giữa C_1 và C_2 khi K mở; U'_{C_1}, U'_{C_2} là hiệu điện thế giữa C_1 và C_2 khi K đóng.

Ta có: $U_{C_1} = \dfrac{Q_1}{C_1} = \dfrac{1,2}{0,2} = 6V$.

– Để điện tích các bản tụ không đổi khi K đóng hoặc mở thì cần có:

$U'_{C_1} = U_{C_1} = 6V$ (1)

Mặt khác: $U'_{C_1} = Ix = x$ (2)

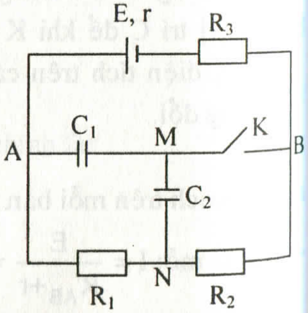
– Từ (1), (2) suy ra: $x = 6\Omega$.

Từ đó: $R_{AC} = 6\Omega$ và $R_{CB} = 4\Omega$.

Vậy: Vị trí C để khi K mở hoặc đóng, điện tích trên các bản tụ không đổi là $R_{AC} = 6\Omega$ và $R_{CB} = 4\Omega$.

9.25. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 0,5\Omega$, $C_1 = C_2 = 0,2\ \mu F$.

Ban đầu K mở và trước khi ráp vào mạch các tụ chưa tích điện.



a) Tính điện tích mỗi tụ khi K mở.

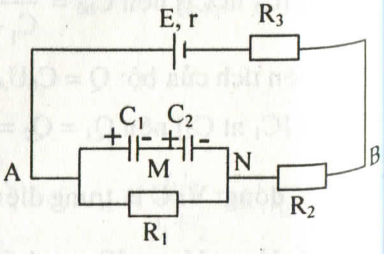
b) Tính điện tích mỗi tụ khi đóng K và số êlectrôn chuyển qua K khi K đóng.

c) Thay K bằng tụ $C_3 = 0,4\ \mu F$. Tính điện tích của tụ C_3. Xét hai trường hợp:

- K được thay thế khi còn đang mở.
- K được thay thế sau khi đã đóng lại.

Bài giải

a) Điện tích mỗi tụ khi K mở: Khi K mở, mạch được vẽ lại:



Điện trở mạch ngoài:

$R_N = R_1 + R_2 + R_3 = 3 + 2 + 0,5 = 5,5\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{5,5 + 0,5} = 1A$$

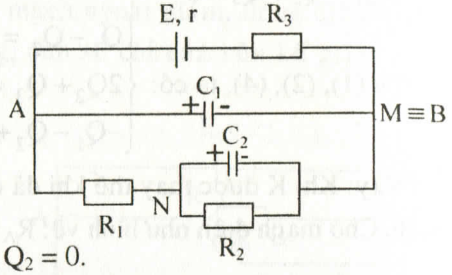
Điện tích của tụ: $Q_1 = Q_2 = Q = U_{AN}.C_{12}$

với $U_{AN} = U_{R_1} = IR_1 = 1.3 = 3V$

$$C_{12} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,2.0,2}{0,2 + 0,2} = 0,1\ \mu F \Rightarrow Q_1 = Q_2 = 3.0,1 = 0,3\ \mu C .$$

Vậy: Khi K mở, điện tích mỗi tụ là $Q_1 = Q_2 = 0,3\ \mu C$.

b) Điện tích mỗi tụ khi đóng K và số êlectrôn chuyển qua K khi K đóng: Khi K đóng, mạch được vẽ lại như sau:



– Cường độ dòng điện qua mạch có giá trị không đổi: I = 1A.

Ta có: $U_{C_1} = U_{AB} = I(R_1 + R_2) = 1.(3 + 2) = 5V$

$\Rightarrow Q'_1 = C_1U_{C_1} = 0,2.5 = 1\mu C$

và $U_{C_2} = U_{R_2} = IR_2 = 1.2 = 2V$

$\Rightarrow Q'_2 = C_2U_{C_2} = 0,2.2 = 0,4\mu C$

– Số êlectron chuyển qua khoá K:

+ Khi K mở, tổng điện tích tại M: $-Q_1 + Q_2 = 0$.

+ Khi K đóng, tổng điện tích tại M: $-Q_1 - Q_2 = -1 - 0,4 = -1,4\mu C$.

+ Điện tích chuyển qua khoá K khi K đóng là:

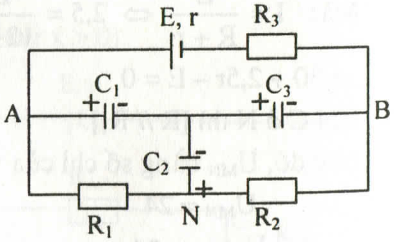
$$\Delta Q = |-1,4 - 0| = 1,4\mu C = 1,4.10^{-6}\ C$$

+ Số êlectron chuyển qua khoá K là: $n = \dfrac{|\Delta Q|}{e} = \dfrac{1,4.10^{-6}}{1,6.10^{-19}} = 8,75.10^{12}$.

Vậy: Khi đóng khóa K, điện tích mỗi tụ là $Q'_1 = 1\ \mu C$, $Q'_2 = 0,4\ \mu C$ và số êlectron chuyển qua khóa K là $8,75.10^{12}$.

c) Điện tích trên tụ C_3: Khi thay K bằng tụ C_3, mạch điện được vẽ lại như sau:

Giả sử sự phân bố điện tích như hình vẽ:



Ta có: $U_{AN} = U_{AM} + U_{MN} = IR_1 = 3V$

$\Leftrightarrow U_{C_1} - U_{C_2} = 3 \Leftrightarrow \dfrac{Q_1}{C_1} - \dfrac{Q_2}{C_2} = 3$

$\Leftrightarrow \dfrac{Q_1}{0,2} - \dfrac{Q_2}{0,2} = 3 \Leftrightarrow Q_1 - Q_2 = 0,6$ (1)

và: $U_{NB} = U_{NM} + U_{MB} = IR_2 = 2V$

$\Leftrightarrow U_{C_2} + U_{C_3} = 2 \Leftrightarrow \dfrac{Q_2}{C_2} + \dfrac{Q_3}{C_3} = 2$

$\Leftrightarrow \dfrac{Q_2}{0,2} + \dfrac{Q_3}{0,4} = 2 \Leftrightarrow 2Q_2 + Q_3 = 0,8$ (2)

– K được thay thế khi đang mở thì tổng điện tích tại điểm M bằng 0:

$-Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0$ (3)

Từ (1), (2), (3), ta có: $\begin{cases} Q_1 - Q_2 = 0{,}6 \\ 2Q_2 + Q_3 = 0{,}8 \\ -Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 0{,}65\mu C \\ Q_2 = 0{,}05\mu C. \\ Q_3 = 0{,}7\mu C \end{cases}$

Vậy: Khi K được thay thế khi còn đang mở thì $Q_3 = 0{,}7\,\mu C$.

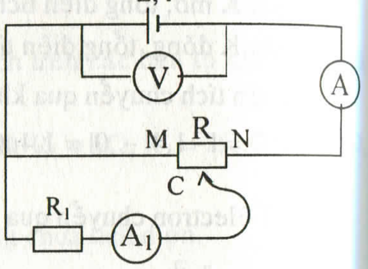
- K được thay thế sau khi đã đóng lại thì tổng điện tích tại M là: $-1{,}4\,\mu C$.

$-Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0$ (4)

Từ (1), (2), (4), ta có: $\begin{cases} Q_1 - Q_2 = 0{,}6 \\ 2Q_2 + Q_3 = 0{,}8 \\ -Q_1 - Q_2 + Q_3 = -1{,}4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = 1\mu C \\ Q_2 = 0{,}4\mu C \\ Q_3 = 0 \end{cases}$

Vậy: Khi K được thay thế khi đã đóng lại thì $Q_3 = 0$.

9.26. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_A = R_{A_1} = 0$, R_V rất lớn, $R_{MN} = 12\Omega$, $R_1 = 8\Omega$. Khi C ở M, ampe kế A chỉ 2,5A; khi C ở N vôn kế chỉ 24V.



a) Tìm E, r và số chỉ ampe kế A_1 khi C ở M, N.

b) Khi C di chuyển từ M đến N, số chỉ các máy đo thay đổi như thế nào?

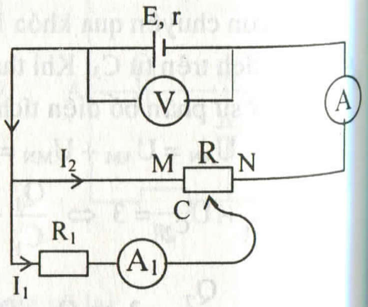
Bài giải

a) Tìm E, r và số chỉ ampe kế A_1 khi C ở M, N

- Khi C ở M ta bỏ qua R_1: I = 2,5A.

Mà: $I = \dfrac{E}{R + r} \Leftrightarrow 2{,}5 = \dfrac{E}{12 + r}$

$\Rightarrow 30 + 2{,}5r - E = 0$ (1)



- Khi C ở N thì $[R \,//\, R_1]$:

Lúc đó, U_{MN} bằng số chỉ của vôn kế:

$U_{MN} = 24$

$\Rightarrow I_1 = \dfrac{U_{MN}}{R_1} = \dfrac{24}{8} = 3A$ và $I_2 = \dfrac{U_{MN}}{R} = \dfrac{24}{12} = 2A$

$\Rightarrow I' = I_1 + I_2 = 5A$

Mặt khác: $I' = \dfrac{E}{R_N + r}$ với $R_N = \dfrac{RR_1}{R + R_1} = \dfrac{12.8}{12 + 8} = 4{,}8\Omega$

$\Rightarrow 5 = \dfrac{E}{4{,}8 + r} \Rightarrow 24 + 5r - E = 0$ (2)

Từ (1) và (2): $\begin{cases} 30 + 2{,}5r - E = 0 \\ 24 + 5r - E = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 36V \\ r = 2{,}4\Omega \end{cases}$

Khi C ở M, ta bỏ qua R_1 nên số chỉ của A_1 bằng 0.

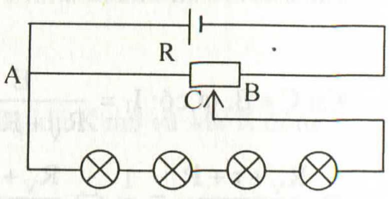
Khi C ở N, số chỉ của A_1 bằng dòng qua R_1 và bằng 3A.

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là E = 36V và $r = 2{,}4\,\Omega$; khi C ở M ampe kế A_1 chỉ 0, khi C ở N ampe kế A_1 chỉ 3A.

b) Khi C di chuyển từ M đến N, số chỉ các máy đo thay đổi như thế nào?

Khi C di chuyển từ M đến N thì điện trở mạch ngoài giảm, dòng điện qua mạch chính tăng, số chỉ của ampe kế tăng, còn số chỉ của vôn kế giảm (vì U = E – I.r).

9.27. Cho mạch điện như hình vẽ: bộ nguồn gồm 2 dãy, mỗi dãy 6 pin ($e = 2V$, $r_0 = 2\Omega$) nối tiếp, biến trở $R_{AB} = 12\Omega$, trên mỗi đèn ghi 1,5V – 0,75W. Định vị trí con chạy C để các đèn sáng bình thường.

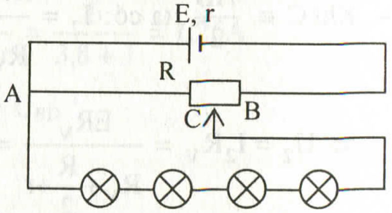


Bài giải

Ta có: $E_b = 6e = 6.2 = 12V$; $r_b = \dfrac{6r_0}{2} = \dfrac{6.2}{2} = 6\Omega$

- Cường độ dòng điện định mức của đèn:

$I_{dm} = \dfrac{P_{dm}}{U_{dm}} = \dfrac{0{,}75}{1{,}5} = 0{,}5A$



- Điện trở mỗi đèn: $R = \dfrac{U^2}{P} = \dfrac{1{,}5^2}{0{,}75} = 3\Omega$

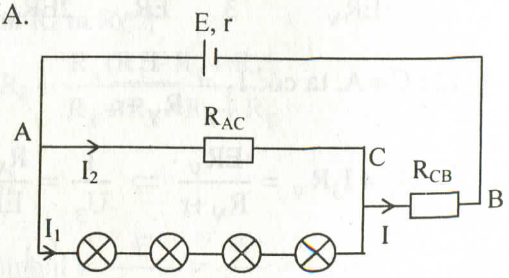
Gọi x là điện trở của phần AC thì $R_{CB} = 12 - x$ (với x > 0).

- Vì đèn sáng bình thường nên: $I_1 = 0{,}5A$.

$\Rightarrow U_{AC} = 4.1{,}5 = 6V$; $I_2 = \dfrac{U_{AC}}{R_{AC}} = \dfrac{6}{x}$

- Cường độ dòng qua mạch chính:

$I = I_1 + I_2 = 0{,}5 + \dfrac{6}{x}$.



- Từ định luật Ôm, ta có: $U_{AB} = E_b - Ir_b$.

Mặt khác: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = 6 + I.(12 - x)$

$\Leftrightarrow 6 + I.(12 - x) = E_b - Ir_b$

$\Leftrightarrow 6 + (0{,}5 + \dfrac{6}{x}).(12 - x) = 12 - (0{,}5 + \dfrac{6}{x}).6$

$$\Leftrightarrow 6+6-0{,}5x+\frac{72}{x}-6=12-3-\frac{36}{x}$$

$$\Leftrightarrow \frac{108}{x}-0{,}5x-3=0 \Leftrightarrow 0{,}5x^2+3x-108=0$$

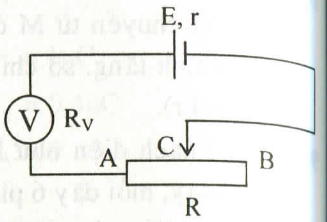
$\Rightarrow x_1 = 12\Omega;\ x_2 = -18\Omega < 0$: loại.

Vậy: Điện trở của phần AC là: $R_{AC} = x = 12\Omega$;

điện trở của phần CB là $R_{CB} = 12 - 12 = 0$ hay $C \equiv B$.

9.28. Cho mạch điện như hình vẽ: khi $C \equiv B$ vôn kế chỉ $U_1 = 2V$, khi C tại trung điểm AB vôn kế chỉ $U_2 = 3V$.

Tìm số chỉ vôn kế khi $C \equiv A$.

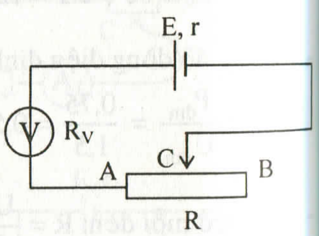


Bài giải

– Khi $C \equiv B$, ta có: $I_1 = \dfrac{E}{R_V+R+r} \Rightarrow U_1 = I_1R_V = \dfrac{ER_V}{R_V+R+r} = 2V$

$$\Rightarrow \frac{R_V+r+R}{ER_V}=\frac{1}{2} \Leftrightarrow \frac{R_V+r}{ER_V}+\frac{R}{ER_V}=\frac{1}{2} \quad (1)$$

– Khi $C \equiv \dfrac{AB}{2}$, ta có: $I_2 = \dfrac{E}{R_V+\dfrac{R}{2}+r}$



$$\Rightarrow U_2 = I_2R_V = \frac{ER_V}{R_V+\dfrac{R}{2}+r} = 3$$

$$\Rightarrow \frac{R_V+r+\dfrac{R}{2}}{ER_V}=\frac{1}{3} \Rightarrow \frac{R_V+r}{ER_V}+\frac{R}{2ER_V}=\frac{1}{3} \quad (2)$$

– Khi $C \equiv A$, ta có: $I_3 = \dfrac{E}{R_V+r}$

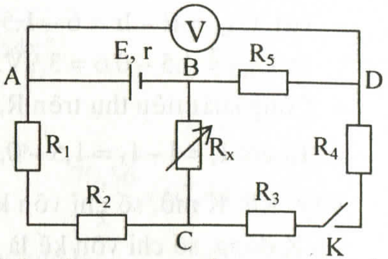
$$\Rightarrow U_3 = I_3R_V = \frac{ER_V}{R_V+r} \Rightarrow \frac{1}{U_3}=\frac{R_V+r}{ER_V} \quad (3)$$

– Thay (3) vào (1) và (2), ta được: $\begin{cases}\dfrac{1}{U_3}+\dfrac{R}{E.R_V}=\dfrac{1}{2}\\[2mm] \dfrac{1}{U_3}+\dfrac{R}{2E.R_V}=\dfrac{1}{3}\end{cases}$

Đặt $\dfrac{R}{ER_v} = x \Rightarrow \begin{cases}\dfrac{1}{U_3}+x=\dfrac{1}{2}\\[2mm] \dfrac{1}{U_3}+\dfrac{x}{2}=\dfrac{1}{3}\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}U_3 = 6\text{ V}\\[2mm] x=\dfrac{1}{3}\end{cases}$

Vậy: Khi $C \equiv A$ thì vôn kế chỉ 6V.

9.29. Cho mạch điện như hình vẽ. E = 6V, r = 1Ω, $R_1 = R_3 = R_4 = R_5 = 1\Omega$, $R_2 = 0{,}8\Omega$, R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω. Ban đầu $R_x = 2\Omega$.



a) Tính số chỉ của vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x khi K mở và khi K đóng.

b) K đóng, cho R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω, cho biết số chỉ vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x tăng hay giảm?

Bài giải

a) Số chỉ của vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x khi K mở và khi K đóng

– Khi K mở: [R_1 nt R_2 nt R_x]:

+ Điện trở mạch ngoài:

$R_N = R_1 + R_2 + R_x = 1 + 0{,}8 + 2 = 3{,}8\Omega$

+ Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{6}{3{,}8+1} = 1{,}25A$

+ Số chỉ của vôn kế bằng U_{AD}: $U_{AD} = U_{AB} + U_{BD}$

với: $U_{AB} = E - Ir = 6 - 1{,}25.1 = 4{,}75V$

$U_{BD} = U_{R_5} = 0$ (vì $I_5 = 0$)

$\Rightarrow U_{AD} = 4{,}75V$

+ Công suất tiêu thụ của R_X: $P = R_xI^2 = 2.1{,}25^2 = 3{,}125W$.

– Khi K đóng: [(R_1 nt R_2) nt (R_x // (R_3 nt R_4 nt R_5))]

+ Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + R_2 + \dfrac{R_x(R_3+R_4+R_5)}{R_x+R_3+R_4+R_5}$

$$\Rightarrow R_N = 1 + 0{,}8 + \frac{2.(1+1+1)}{2+1+1+1} = 3\Omega$$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{E}{R_N + r} = \dfrac{6}{3+1} = 1{,}5A$.

$$\Rightarrow U_{CB} = IR_{345x} = 1{,}5.\frac{6}{5} = 1{,}8V$$

$$\Rightarrow I_3 = I_4 = I_5 = \frac{U_{CB}}{R_3 + R_4 + R_5} = \frac{1,8}{3} = 0,6A$$

$$\Rightarrow U_5 = I_5R_5 = 0,6.1 = 0,6V.$$

+ Số chỉ của vôn kế: $U_{AD} = U_{AB} + U_{BD}$

với $U_{AB} = E - Ir = 6 - 1,5.1 = 4,5V$; $U_{BD} = -U_{DB} = -U_5 = -0,6V$.

$$\Rightarrow U_{AD} = 4,5 - 0,6 = 3,9V.$$

+ Công suất tiêu thụ trên R_x:

Ta có: $I_x = I - I_3 = 1,5 - 0,6 = 0,9A \Rightarrow P_x = R_xI_x^2 = 2.0,9^2 = 1,62W$.

Vậy: Khi K mở, số chỉ vôn kế là 4,75V, công suất tiêu thụ của R_x là 3,125W; khi K đóng, số chỉ vôn kế là 3,9V, công suất tiêu thụ của R_x là 1,62W.

b) Số chỉ vôn kế và công suất tiêu thụ của R_x tăng hay giảm? Gọi điện trở R_x có giá trị là x. Khi K đóng, ta có:

Điện trở đoạn mạch CB: $R_{CB} = \frac{x(R_3 + R_4 + R_5)}{x + R_3 + R_4 + R_5} = \frac{3x}{3 + x}$.

Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_{12} + R_{CB} = 1,8 + \frac{3x}{3 + x} = \frac{5,4 + 4,8x}{3 + x}$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6}{\frac{5,4 + 4,8x}{3 + x} + 1} = \frac{6(3 + x)}{8,4 + 5,8x}$$

Hiệu điện thế hai đầu A, C:

$$U_{AC} = IR_{12} = 1,8.\frac{6(3 + x)}{8,4 + 5,8x} = \frac{32,4 + 10,8x}{8,4 + 5,8x} \quad (1)$$

Hiệu điện thế hai đầu C, B:

$$U_{CB} = IR_{CB} = \frac{3x}{3 + x}.\frac{6(3 + x)}{8,4 + 5,8x} = \frac{18x}{8,4 + 5,8x} \quad (2)$$

Số chỉ của vôn kế bằng U_{AD}, với $U_{AD} = U_{AC} + U_{CB}$

Từ (1) và (2), suy ra:

$$U_{AD} = \frac{32,4 + 10,8x}{8,4 + 5,8x} + \frac{18x}{8,4 + 5,8x} = \frac{32,4 + 22,8x}{8,4 + 5,8x} \quad (*)$$

Để xét sự biến đổi của U_{AD} theo x, ta có thể làm như sau: Dựa vào đạo hàm, ta có: $U'_A(x) = \frac{22,8.8,4 - 5,8.32,4}{(8,4 + 5,8x)^2} = \frac{3,6}{(8,4 + 5,8x)^2}$

Ta thấy $U'_{AD}(x)$ luôn lớn hơn 0 với mọi x nên hàm U_{AD} luôn tăng khi x tăng.

Vậy: Khi R_x thay đổi từ 0 đến 10Ω thì số chỉ của vôn kế luôn tăng.

Công suất tiêu thụ trên R_x:

Ta có: $P = I_x^2R_x$ với $I_x = \frac{U_{CB}}{R_x} = \frac{18x}{(8,4 + 5,8x)x} = \frac{18}{8,4 + 5,8x}$

$$\Rightarrow P = \frac{18^2}{(8,4 + 5,8x)^2}.x = \frac{324x}{70,56 + 97,44x + 33,64x^2}$$

+ Khi $x = 0 \Rightarrow P = 0$.

+ Khi $x \neq 0$, biểu thức của P có thể viết thành: $P = \frac{324}{\frac{70,56}{x} + 97,44 + 33,64x}$.

* *Nhận xét*: P đạt cực đại khi mẫu số đạt cực tiểu, tức là:

$$\left[\frac{70,56}{x} + 33,64x + 97,44\right]_{min} \Leftrightarrow \left[\frac{70,56}{x} + 33,64x\right]_{min}$$

Theo bất đẳng thức Côsi, ta có: $\frac{70,56}{x} + 33,64x \geq \sqrt{\frac{70,56}{x}.33,64x}$

$$\Rightarrow \frac{70,56}{x} = 33,64x$$

Dấu "=" xảy ra khi $x = \sqrt{\frac{70,56}{33,64}} \approx 1,45$.

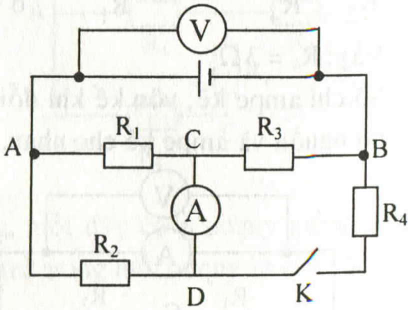
Vậy: Công suất tiêu thụ trên R_x có một giá trị cực đại khi $R_x = 1,45Ω$.

9.30. Cho mạch điện như hình vẽ: bộ nguồn gồm ba pin giống nhau ghép nối tiếp, mỗi pin e = 1,5V, $R_1 = R_3 = 6Ω$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

a) K mở, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}$ A, vôn kế chỉ 4V. Tính R_2 và r_0 mỗi pin.

b) K đóng, ampe kế chỉ 0. Tính R_4.

c) K đóng, đổi chỗ bộ nguồn và ampe kế cho nhau. Hỏi ampe kế, vôn kế chỉ bao nhiêu?



Bài giải

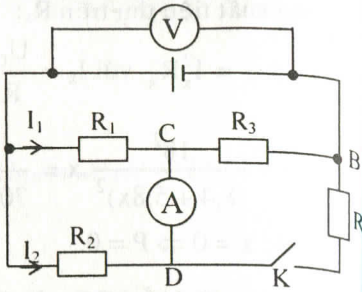
Ta có:

+ Suất điện động của bộ: $E_b = ne = 3.1,5 = 4,5V$.

+ Điện trở của bộ: $r_b = nr_0 = 3r_0$.

a) Tính R_2 và r_0 mỗi pin: Khi K mở, số chỉ của ampe kế bằng dòng I_2 qua R_2, số chỉ của vôn kế bằng U_{AB}:

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = U_{R_1} + U_{R_3} = U_{R_2} + U_{R_3} \quad (1)$$



với $U_{R_2} = I_2R_2 = \frac{1}{3}R_2$ (2)

$U_{R_3} = I_3R_3 = (I_1+I_2)R_3$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{R_1}}{R_1} = \frac{U_{R_2}}{R_1} = \frac{I_2R_2}{R_1} = \frac{\frac{1}{3}R_2}{6} = \frac{R_2}{18}$$

$$\Rightarrow U_{R_3} = (\frac{R_2}{18}+\frac{1}{3}).6 = \frac{R_2}{3}+2 \quad (3)$$

Thay (2) và (3) vào (1): $U_{AB} = \frac{R_2}{3}+\frac{R_2}{3}+2 = \frac{2R_2}{3}+2$

Mà $U_{AB} = 4V \Rightarrow \frac{2R_2}{3}+2 = 4 \Rightarrow R_2 = 3\Omega$.

Mặt khác: $U_{AB} = E_b - I.r_b$

với: $I = I_1 + I_2 = \frac{R_2}{18}+\frac{1}{3} = \frac{3}{18}+\frac{1}{3} = 0{,}5A$

$$\Rightarrow 4 = 4{,}5 - 0{,}5r_b \Rightarrow r_b = 1\Omega \Leftrightarrow 3r_0 = 1 \Rightarrow r_0 = \frac{1}{3}\Omega.$$

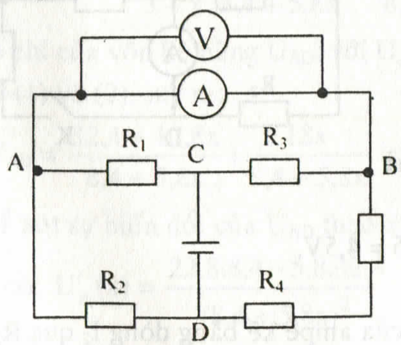
Vậy: $R_2 = 3\Omega$, điện trở của mỗi pin là $r_0 = \frac{1}{3}\Omega$.

b) Tính R$_4$: Khi K đóng, ampe kế chỉ 0, do đó mạch là mạch cầu cân bằng, tức là:

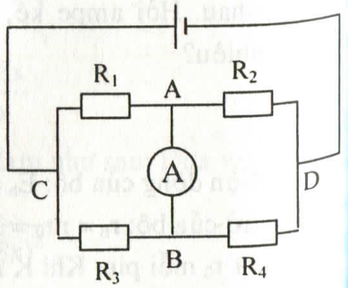
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_4 = \frac{R_3R_2}{R_1} = \frac{6.3}{6} = 3\Omega$$

Vậy: $R_4 = 3\Omega$.

c) Số chỉ ampe kế, vôn kế khi đổi chỗ nguồn và ampe kế: Khi K đóng, đổi chỗ bộ nguồn và ampe kế cho nhau, ta có mạch:



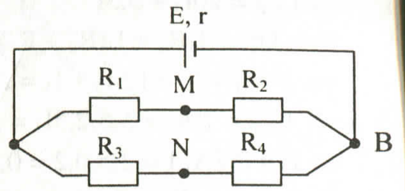
⇔



Vì $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$ nên mạch bây giờ cũng là mạch cầu cân bằng

$\Rightarrow U_{AB} = 0$ và $I_A = 0$.

Vậy: Số chỉ vôn kế và ampe kế đều bằng 0.



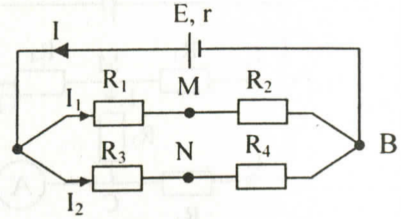
9.31. Cho mạch điện như hình vẽ: r = 1Ω, $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 4\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 8\Omega$, $U_{MN} = 1{,}5V$. Tìm E.

Bài giải

Ta có: $U_{MN} = U_{MA} + U_{AN} = -U_{AM} + U_{MN}$

$\Rightarrow U_{MN} = -I_1R_1 + I_2R_2 = -I_1.1 + I_2.4$

$\Leftrightarrow 1{,}5 = -I_1 + 4I_2$ (1)



Mặt khác: $I_1(R_1 + R_3) = I_2(R_2 + R_4)$

$\Leftrightarrow I_1(1 + 3) = I_2(4 + 8) \Rightarrow I_2 = \frac{1}{3}I_1$ (2)

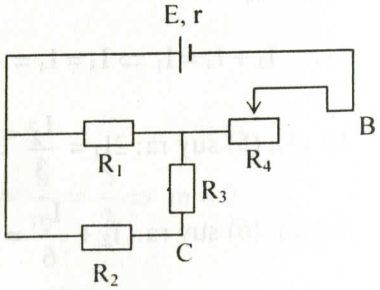
Thay (2) vào (1), ta được: $1{,}5 = -I_1 + \frac{1}{3}I_1.4 = \frac{1}{3}I_1$

$\Rightarrow I_1 = 4{,}5A; I_2 = 1{,}5A \Rightarrow I = I_1 + I_2 = 6A$

Mặt khác: $I = \frac{E}{R_N+r}$, với $R_N = \frac{(R_1+R_3)(R_2+R_4)}{R_1+R_3+R_2+R_4} = \frac{(1+3).(4+8)}{1+3+4+8} = 3\Omega$

$$\Leftrightarrow 6 = \frac{E}{3+1} \Rightarrow E = 24V.$$

Vậy: Suất điện động của nguồn là E = 24V.



9.32. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = R_3 = 20\Omega$, $R_2 = 10\Omega$. Khi $R_4 = 5{,}5\Omega$, mắc một vôn kế (R_V rất lớn) vào CB, vôn kế chỉ 6,75V. Khi $R_4 = 20\Omega$, mắc một ampe kế ($R_A = 0$) vào CB, ampe kế chỉ 0,875A.

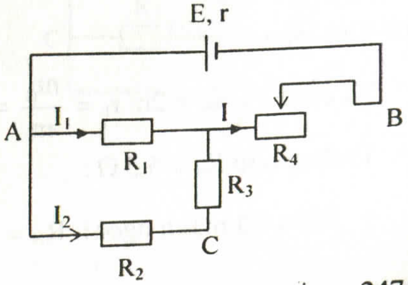
a) Tính cường độ dòng điện qua mạch chính trong hai trường hợp trên.

b) Nguồn được tạo nên bởi m dãy song song, mỗi dãy có n acquy giống nhau mắc nối tiếp. Biết suất điện động và điện trở trong mỗi acquy là e = 2V, r_0 = 1Ω. Tìm m, n.

Bài giải

a) Tính cường độ dòng điện qua mạch chính

- Trường hợp $R_4 = 5{,}5\Omega$, $U_{CB} = 6{,}75V$.



Ta có: $U_{CB} = U_{CM} + U_{MB} = U_{R_3} + U_{R_4}$

với: $U_{R_3} = I_3R_3 = 20I_3$; $U_{R_4} = IR_4 = 5{,}5I$

$\Rightarrow U_{CB} = 20I_3 + 5,5I$ (1)

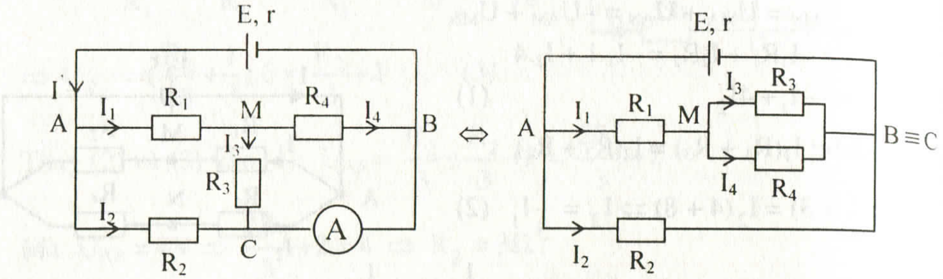
Mặt khác: $I_1R_1 = I_3(R_2 + R_3) \Rightarrow 20I_1 = 30I_3 \Rightarrow I_1 = 1,5I_3$

và: $I = I_1 + I_3 = 1,5I_3 + I_3 = 2,5I_3$

$\Rightarrow U_{CB} = 20I_3 + 5,5.2,5I_3 = 33,75I_3 \Leftrightarrow 6,75 = 33,75I_3$

$\Rightarrow I_3 = 0,2A; I = 2,5.0,2 = 0,5A.$

- Trường hợp $R_4 = 20\Omega$, mạch điện được vẽ lại:



- Số chỉ của ampe kế: $I_A = I_2 + I_3 = 0,875$ (2)

- Mặt khác: $I_2R_2 = I_1(R_1 + \dfrac{R_3.R_4}{R_3+R_4}) \Leftrightarrow 10I_2 = I_1.(20 + \dfrac{20.20}{20+20})$

$\Leftrightarrow 10I_2 = 30I_1 \Rightarrow I_1 = \dfrac{I_2}{3}$ (3)

Ta lại có: $I_3R_3 = I_4R_4 \Leftrightarrow 20I_3 = 20I_4$

$\Rightarrow I_3 = I_4$ (4)

Mà: $I_3 + I_4 = I_1 \Rightarrow I_3 = I_4 = \dfrac{I_1}{2} \Rightarrow I_1 = 2I_3$ (5)

- Từ (3), (5) suy ra: $2I_3 = \dfrac{I_2}{3} \Rightarrow I_3 = \dfrac{I_2}{6}$ (6)

- Từ (2), (6) suy ra: $I_2 + \dfrac{I_2}{6} = 0,875 \Rightarrow \dfrac{7I_2}{6} = 0,875$

$\Rightarrow I_2 = 0,75A\ ;\ I_1 = \dfrac{0,75}{3} = 0,25A\ ;\ I' = I_1 + I_2 = 0,25 + 0,75 = 1A.$

Vậy: Cường độ dòng điện qua mạch chính trong hai trường hợp trên là 0,5A và 1A.

b) Tìm m, n

Ta có: $E_b = ne = 2n;\ r_b = \dfrac{nr_0}{m} = \dfrac{n}{m}$ $(e = 2V;\ r_0 = 1\,\Omega)$

- Trường hợp $R_4 = 5,5\,\Omega$:

+ Điện trở mạch ngoài: $R_N = \dfrac{R_1(R_2+R_3)}{R_1+R_2+R_3} + R_4 = \dfrac{20.(10+20)}{20+10+20} + 5,5 = 17,5\Omega$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{E_b}{R_N + r_b}$

$\Leftrightarrow 0,5 = \dfrac{2n}{17,5 + \dfrac{n}{m}} \Leftrightarrow 8,75 + 0,5\dfrac{n}{m} = 2n$ (7)

- Trường hợp $R_4 = 20\Omega$:

+ Điện trở mạch ngoài: $R'_N = \dfrac{R_2R_{134}}{R_2 + R_{134}}$

với: $R_{134} = R_1 + \dfrac{R_3R_4}{R_3+R_4} = 20 + \dfrac{20.20}{20+20} = 30\Omega$

$\Rightarrow R'_N = \dfrac{10.30}{10+30} = 7,5\Omega$

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I' = \dfrac{E_b}{R'_N + r_b}$

$\Leftrightarrow 1 = \dfrac{2n}{7,5 + \dfrac{n}{m}} \Leftrightarrow 7,5 + \dfrac{n}{m} = 2n$ (8)

- Từ (7) và (8), ta có hệ: $\begin{cases} 8,75 + 0,5\dfrac{n}{m} = 2n \\ 7,5 + \dfrac{n}{m} = 2n \end{cases}$

Đặt $k = \dfrac{n}{m}$, ta được: $\begin{cases} 8,75 + 0,5k = 2n \\ 7,5 + k = 2n \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 5 \\ k = \dfrac{n}{m} = \dfrac{5}{2} \Rightarrow m = 2 \end{cases}$

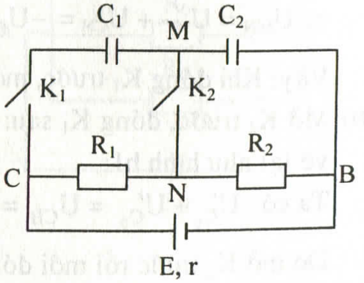
Vậy: m = 2 và n = 5.

9.33. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 18V, r = 1Ω, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $C_1 = 2\,\mu F$, $C_2 = 6\,\mu F$. Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng.

Tính U_{MN} trong hai trường hợp sau:

a) Đóng K_1 trước, mở K_2 sau.

b) Mở K_2 trước, đóng K_1 sau.



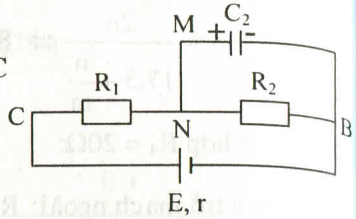
Bài giải

- Ta luôn có: $I = \dfrac{E}{R_1 + R_2 + r} = \dfrac{18}{3+5+1} = 2A$

$U_{CN} = U_{R_1} = IR_1 = 2.3 = 6V$; $U_{NB} = U_{R_2} = IR_2 = 2.5 = 10V$

$\Rightarrow U_{CB} = U_{CN} + U_{NB} = 6 + 10 = 16V.$

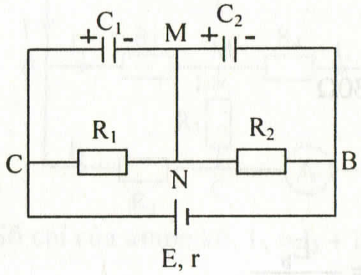
– Ban đầu K_1 mở, K_2 đóng, ta có mạch như sau:



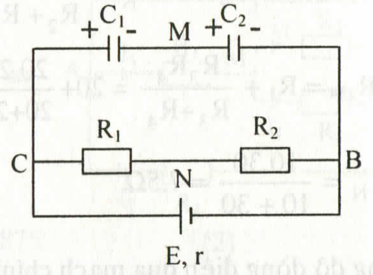
$U_{C_2} = U_{NB} = 10V \Rightarrow Q_2 = C_2U_{C_2} = 6.10 = 60\mu C$

a) Đóng K_1 trước, mở K_2 sau:

– Khi đóng K_1, ta có mạch như hình a1:



Hình a1



Hình a2

Ta có: $U_{C_1} = U_{CN} = 6V \Rightarrow Q_1 = C_1U_1 = 2.6 = 12\mu C$

– Khi mở K_2 ta có mạch như hình a2:

Ta có: $U'_{C_1} + U'_{C_2} = U_{CB} = 16V$ (1)

Theo định luật bảo toàn điện tích, ta có:

$-Q'_1 + Q'_2 = -Q_1 + Q_2 = -12 + 60 = 48 \Leftrightarrow -C_1U'_{C_1} + C_2U'_{C_2} = 48$

$\Leftrightarrow -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 48$ (2)

– Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_2} = 16 \\ -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 48 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 6V \\ U'_{C_2} = 10V \end{cases}$

$\Rightarrow U_{MN} = U_{MC} + U_{CN} = -U_{C_1} + U_{CN} = -6 + 6 = 0$

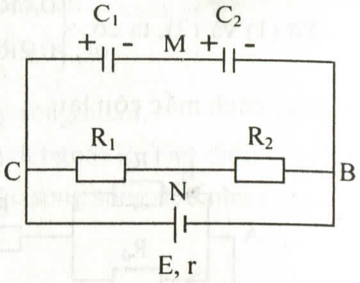
Vậy: Khi đóng K_1 trước, mở K_2 sau thì $U_{MN} = 0$.

b) Mở K_2 trước, đóng K_1 sau: Khi mở K_2 trước, đóng K_1 sau thì mạch điện được vẽ lại như hình b1:

Ta có: $U'_{C_1} + U'_{C_2} = U_{CB} = 16V$ (3)

Do mở K_2 trước rồi mới đóng K_1 nên tổng điện tích tại điểm M bằng điện tích ban đầu của C_2:

$-Q'_1 + Q'_2 = Q_2 = 60 \Leftrightarrow -C_1U'_{C_1} + C_2U'_{C_1} = 60$



$\Leftrightarrow -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 60$ (4)

Từ (3) và (4), ta có:

$\begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_2} = 16 \\ -2U'_{C_1} + 6U'_{C_2} = 60 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 4,5V \\ U'_{C_2} = 11,5V \end{cases}$

$\Rightarrow U_{MN} = U_{MC} + U_{CN}$

$= -U'_{C_1} + U_{CN} = -4,5 + 6 = 1,5V.$

Vậy: Khi mở K_2 trước, đóng K_1 sau thì $U_{MN} = 1,5V$.

9.34. Ba điện trở đều bằng R_0, mắc theo các cách khác nhau và lần lượt nối vào một nguồn điện không đổi xác định.

– Khi ba điện trở mắc nối tiếp, cường độ dòng điện qua mỗi điện trở bằng 0,2A.

– Khi ba điện trở mắc song song, cường độ dòng điện qua mỗi điện trở cũng bằng 0,2A.

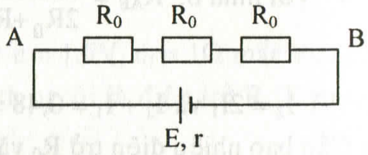
a) Tính cường độ dòng điện qua mỗi điện trở trong các trường hợp còn lại.

b) Cần bao nhiêu điện trở R_0 và mắc thế nào để khi nối vào nguồn điện không đổi nói trên, cường độ dòng điện qua mỗi điện trở đều bằng 0,1A.

Bài giải

a) Cường độ dòng điện qua mỗi điện trở trong các trường hợp còn lại: Gọi E, r lần lượt là suất điện động và điện trở trong của nguồn

– Khi 3 điện trở mắc nối tiếp:

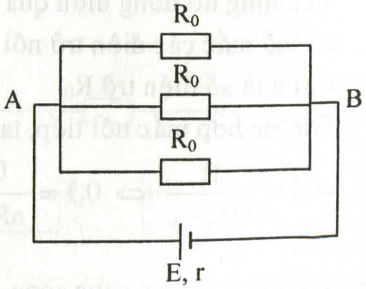


Ta có: $R_{AB} = 3R_0$

$\Rightarrow I = \frac{E}{3R_0 + r} \Leftrightarrow 0,2 = \frac{E}{3R_0 + r}$

$\Leftrightarrow 0,6R_0 + 0,2r = E$ (1)

– Khi 3 điện trở mắc song song:



Ta có: $R_{AB} = \frac{R_0}{3} \Rightarrow I' = \frac{E}{\frac{R_0}{3} + r}$

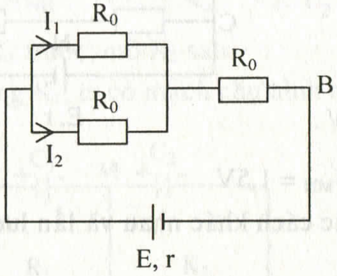
Vì 3 điện trở đều bằng nhau nên dòng điện qua mỗi điện trở là:

$\frac{I'}{3} = \frac{E}{(\frac{R_0}{3} + r).3} \Leftrightarrow 0,2 = \frac{E}{(\frac{R_0}{3} + r).3}$

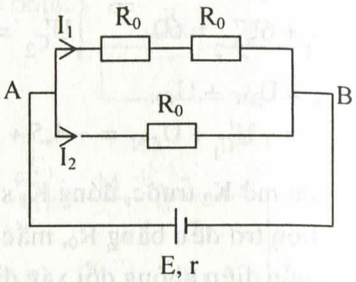
$\Leftrightarrow 0,2R_0 + 0,6r = E$ (2)

Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases}0,6R_0 + 0,2r = E\\ 0,2R_0 + 0,6r = E\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}E - 0,2r = 0,6R_0\\ E - 0,6r = 0,2R_0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}E = 0,8R_0\\ r = R_0\end{cases}$

– Các cách mắc còn lại:



Hình a



Hình b

+ Với hình a: $R_{AB} = \dfrac{R_0}{2} + R_0 = \dfrac{3R_0}{2}$

$\Rightarrow I = \dfrac{E}{\dfrac{3R_0}{2} + r} = \dfrac{0,8R_0}{\dfrac{3R_0}{2} + R_0} = 0,32A$

và $I_1 = I_2 = \dfrac{I}{2} = \dfrac{0,32}{2} = 0,16A$.

+ Với hình b: $R_{AB} = \dfrac{2R_0R_0}{2R_0 + R_0} = \dfrac{2}{3}R_0 \Rightarrow I = \dfrac{E}{\dfrac{2R_0}{3} + r} = \dfrac{0,8R_0}{\dfrac{2R_0}{3} + R_0} = 0,48A$

Vì $I_2 = 2I_1$ và $I_2 + I_1 = 0,48 \Rightarrow I_2 = 0,32A$ và $I_1 = 0,16A$.

b) Cần bao nhiêu điện trở R_0 và mắc thế nào?

Vì cường độ dòng điện qua mỗi điện trở đều bằng nhau và bằng 0,1A nên chỉ có thể mắc các điện trở nối tiếp hoặc song song.

Gọi n là số điện trở R_0:

– Trường hợp mắc nối tiếp, ta có: $R_{AB} = nR_0$

$\Rightarrow I = \dfrac{E}{nR_0 + r} \Leftrightarrow 0,1 = \dfrac{0,8R_0}{nR_0 + R_0} \Rightarrow n = 7.$

– Trường hợp mắc song song, ta có: $R_{AB} = \dfrac{R_0}{n} \Rightarrow I = \dfrac{E}{\dfrac{R_0}{n} + r}$

Vì có n điện trở R_0 mắc song song nên dòng điện qua mỗi điện trở là:

$\dfrac{I}{n} = \dfrac{E}{(\dfrac{R_0}{n} + r)n} \Leftrightarrow 0,1 = \dfrac{E}{(\dfrac{R_0}{n} + r)n} \Leftrightarrow 0,1 = \dfrac{0,8R_0}{(\dfrac{R_0}{n} + R_0)n} \Rightarrow n = 7$

Vậy: Cần 7 điện trở R_0 và mắc nối tiếp hoặc song song nhau.

9.35. Có n acquy (E,r) giống nhau nối với điện trở mạch ngoài R. Tìm điều kiện để cường độ dòng điện qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau.

Bài giải

– Khi n acquy nối tiếp, ta có: $E_b = nE$ và $r_b = nr$.

$\Rightarrow I = \dfrac{E_b}{R + r_b} = \dfrac{nE}{R + nr}$ (1)

– Khi n acquy song song, ta có: $E_b = E$ và $r_b = \dfrac{r}{n}$.

$\Rightarrow I' = \dfrac{E_b}{R + r_b} = \dfrac{E}{R + \dfrac{r}{n}}$ (2)

– Để dòng điện qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau thì:

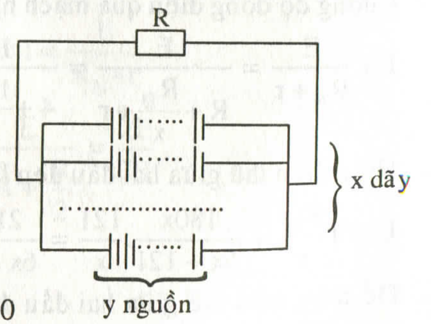
$I = I' \Leftrightarrow \dfrac{nE}{R + nr} = \dfrac{E}{R + \dfrac{r}{n}} \Leftrightarrow nR + r = R + nR \Rightarrow R = r.$

Vậy: Để dòng điện qua R khi n acquy nối tiếp hoặc song song đều như nhau thì R = r.

9.36. Có N = 80 nguồn giống nhau, mỗi nguồn có e = 1,5V, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành x dãy song song, mỗi dãy y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là điện trở R. Tìm x, y để cường độ qua R lớn nhất.

Xét khi R bằng: a) 5Ω. b) 6Ω.

giải



Ta có: $E_b = yE = 1,5y$; $r_b = \dfrac{yr_0}{x} = \dfrac{y}{x}$ (1)

$xy = N = 80$ (2)

– Cường độ dòng điện qua điện trở R:

$I = \dfrac{E_b}{R + r_b} = \dfrac{1,5y}{R + \dfrac{y}{x}} = \dfrac{1,5yx}{Rx + y}$ (3)

– Thay (2) vào (3) ta được: $I = \dfrac{1,5.80}{Rx + y} = \dfrac{120}{Rx + y}$

– Để $y = y_{max}$ thì M = (Rx + y) đạt cực tiểu.

– Vì x, y đều dương nên theo bất đẳng thức Cô–si, ta có:

$$Rx + y \geq 2\sqrt{Rxy} \Leftrightarrow (Rx + y)_{min} = 2\sqrt{Rxy}$$

Dấu '=' xảy ra khi Rx = y (4)

– Kết hợp (4) với (2), ta có: $\begin{cases} Rx = y \\ xy = 80 \end{cases} \Rightarrow x = \sqrt{\dfrac{80}{R}}; y = R\sqrt{\dfrac{80}{R}} = \sqrt{80R}$.

a) Với R = 5Ω $\Rightarrow \begin{cases} x = \sqrt{\dfrac{80}{5}} = 4 \\ y = \sqrt{80.5} = 20 \end{cases}$

Vậy: Với R = 5Ω thì bộ nguồn gồm 4 dãy và mỗi dãy có 20 acquy.

b) Với R = 6Ω $\Rightarrow \begin{cases} x = \sqrt{\dfrac{80}{6}} = 3{,}65 \\ y = \sqrt{80.6} = 21{,}9 \end{cases}$

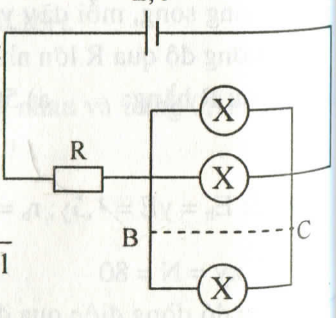
Vì x, y nguyên và xy = 80 nên suy ra x = 4; y = 20.

Vậy: Với R = 6Ω thì bộ nguồn gồm 4 dãy và mỗi dãy có 20 acquy.

9.37. Nguồn E = 180V, r = 2Ω dẫn điện đến nơi tiêu thụ nhờ đường dây dẫn điện trở R = 4Ω. Nơi tiêu thụ có một số đèn 110V – 100W mắc song song. Tìm số đèn cực đại có thể thắp sáng sao cho hiệu điện thế hai đầu đèn sai lệch không quá 10% hiệu điện thế định mức.

Bài giải

– Ta có: $U_{Đdm} = 110V$; $R_Đ = \dfrac{U^2_{Đdm}}{P_Đ} = \dfrac{110^2}{100} = 121\Omega$.



Gọi x là số đèn mắc song song (x nguyên, dương):

– Điện trở của bộ đèn là: $\dfrac{R_Đ}{x} = \dfrac{121}{x}$.

– Cường độ dòng điện qua mạch ngoài:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{E}{R + \frac{R_Đ}{x} + r} = \frac{180}{4 + \frac{121}{x} + 2} = \frac{180x}{6x + 121}$$

– Hiệu điện thế giữa hai đầu đèn là:

$$U = I\frac{R_Đ}{x} = \frac{180x}{6x + 121}.\frac{121}{x} = \frac{21780}{6x + 121} \quad (1)$$

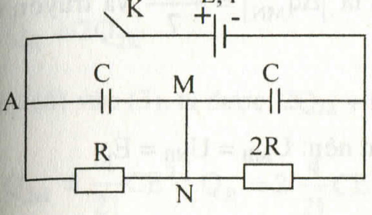
– Để hiệu điện thế giữa hai đầu đèn sai lệch không quá 10% (10% = 0,1) hiệu điện thế định mức thì: $110 - 0{,}1.110 \leq U \leq 110 + 0{,}1.110$

$$\Leftrightarrow 99 \leq U \leq 121 \quad (2)$$

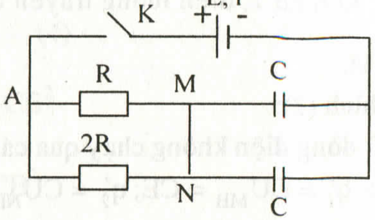
– Thay (1) vào (2), ta được: $99 \leq \dfrac{21780}{6x + 121} \leq 121 \Leftrightarrow 9{,}8 \leq x \leq 16{,}5$

Vì x là số nguyên nên số đèn cực đại là x = 16.

9.38. Cho các mạch điện có sơ đồ như sau:



Hình 1



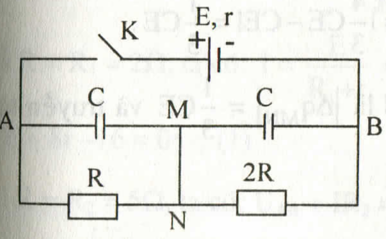
Hình 2

Nguồn có suất điện động E và điện trở trong $r = \dfrac{R}{2}$. Các tụ điện có điện dung C ban đầu chưa tích điện. Điện trở các dây nối và khóa không đáng kể.

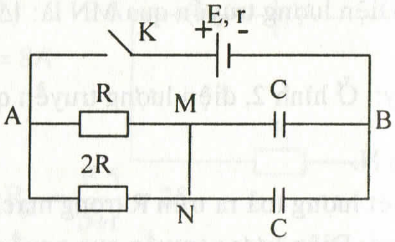
a) Tính điện lượng truyền qua đoạn dây MN ở các mạch điện cho trên.

b) Tính nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở R trong mạch (2).

Bài giải



Hình 1



Hình 2

a) Điện lượng truyền qua đoạn dây MN ở các mạch điện

– Với hình (1):

+ Khi K mở: $q_1 = 0, q_2 = 0 \Rightarrow q = 0$.

+ Khi K đóng: Dòng điện qua mạch ngoài: $I = \dfrac{E}{R_N + r}$

Với: $R_N = R + 2R = 3R$; $r = \dfrac{R}{2} \Rightarrow I = \dfrac{E}{3R + \frac{R}{2}} = \dfrac{2E}{7R}$.

$$\Rightarrow U_{AM} = IR = \frac{2E}{7}; U_{MB} = I.2R = \frac{4E}{7}.$$

$$\Rightarrow q_1 = CU_{AM} = \frac{2EC}{7}; q_2 = CU_{MB} = \frac{4EC}{7}.$$

+ Tổng điện tích trên các bản tụ nối với điểm M là: $q'_M = -q_1 + q_2 = \frac{2EC}{7}$.

+ Điện lượng truyền qua MN là: $|\Delta q_{MN}| = |q'_M - q_M| = \frac{2CE}{7}$.

Vậy: Ở hình 1, điện lượng truyền qua MN là $|\Delta q_{MN}| = \frac{2CE}{7}$ và truyền từ N đến M.

- Với hình (2):
  + Vì dòng điện không chạy qua các tụ điện nên: $U_{MB} = U_{NB} = E$.

  $\Rightarrow q'_1 = CU_{MB} = CE; q'_2 = CU_{NB} = CE$

  + Tổng điện lượng đi qua A là: $q'_A = q'_1 + q'_2 = 2CE$.
  + Gọi điện lượng truyền qua AM là Δq_1, qua AN là Δq_2.

  Ta có: $\begin{cases} \Delta q_1 + \Delta q_2 = 2CE \\ \dfrac{\Delta q_1}{\Delta q_2} = \dfrac{2R}{R} = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Delta q_1 = \dfrac{4}{3}CE \\ \Delta q_2 = \dfrac{2}{3}CE \end{cases}$

  + Điện lượng truyền qua MN là: $|\Delta q_{MN}| = |\frac{4}{3}CE - CE| = \frac{1}{3}CE$.

Vậy: Ở hình 2, điện lượng truyền qua MN là $|\Delta q_{MN}| = \frac{1}{3}CE$ và truyền từ M đến N.

b) Nhiệt lượng toả ra trên R trong mạch (2):

- Ta có: Điện lượng truyền qua nguồn là: $q' = 2CE$

  $\Rightarrow$ Công của nguồn điện là: $A = q'E = 2CE^2$.

- Mặt khác: Năng lượng của hai tụ điện là:

  $W = W_1 + W_2 = \frac{1}{2}CE^2 + \frac{1}{2}CE^2 = CE^2$

- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $Q = A - W = 2CE^2 - CE^2 = CE^2$

  $\Rightarrow Q_r + Q_{AM} = Q = CE^2$ (1)

- Vì r nối tiếp R_{AM} nên: $\frac{Q_r}{Q_{AM}} = \frac{r}{R_{AM}}$, với: $r = \frac{R}{2}$ và $R_{AM} = \frac{R.2R}{R+2R} = \frac{2}{3}R$

  $\Rightarrow \frac{Q_r}{Q_{AM}} = \frac{\frac{R}{2}}{\frac{2}{3}R} = \frac{3}{4} \Rightarrow Q_r = \frac{3}{4}Q_{AM}$ (2)

- Thay (2) vào (1) ta được: $\frac{3}{4}Q_{AM} + Q_{AM} = CE^2 \Rightarrow Q_{AM} = \frac{4}{7}CE^2$
- Mặt khác: $Q_R + Q_{2R} = Q_{AM} = CE^2$ (3)
- Vì [R // 2R] nên: $\frac{Q_R}{Q_{2R}} = \frac{2R}{R} = 2$

  $\Rightarrow Q_R = 2Q_{2R}$ (4)

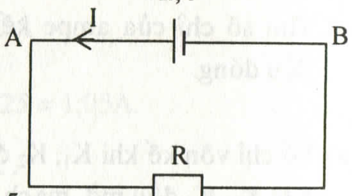
- Thay (4) vào (3), ta được: $2Q_{2R} + Q_{2R} = \frac{4}{7}CE^2$

  $\Rightarrow Q_{2R} = \frac{4}{21}CE^2$; $Q_R = 2.\frac{4}{21}CE^2 = \frac{8}{21}CE^2$.

Vậy: Nhiệt lượng tỏa ra trên R là: $Q_R = \frac{8}{21}CE^2$.

2. ĐỊNH LUẬT ÔM CHO CÁC LOẠI ĐOẠN MẠCH

9.39. Nguồn điện (E, r), khi điện trở mạch ngoài là $R_1 = 2\Omega$ thì cường độ dòng điện qua R_1 là $I_1 = 8A$. Khi điện trở mạch ngoài là $R_2 = 5\Omega$ thì hiệu điện thế hai đầu nguồn là $U_2 = 25V$. Tìm E, r.



Bài giải

- Khi $R = R_1 = 2\Omega$, ta có: $I = \frac{E}{R_1+r} = \frac{E}{2+r} = 8A$

  $\Rightarrow E - 8r - 16 = 0$ (1)

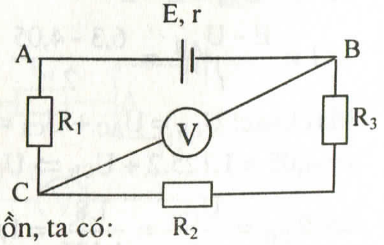
- Khi $R = R_2 = 5\Omega$, ta có: $U_{AB} = IR_2 = \frac{E}{R_2+r}R_2 = \frac{E.5}{5+r} = 25$

  $\Rightarrow 5E - 25r - 125 = 0$ (2)

- Từ (1) và (2), ta có: $\begin{cases} E - 8r - 16 = 0 \\ 5E - 25r - 5 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 40V \\ r = 3\Omega \end{cases}$

Vậy: Suất điện động và điện trở trong của nguồn là $E = 40V; r = 3\Omega$.

9.40. Cho mạch điện như hình vẽ:
$E = 170V$, $r = 5\Omega$, $R_1 = 195\Omega$, $R_2 = R_3 = 200\Omega$, vôn kế chỉ 100V. Tìm điện trở vôn kế.



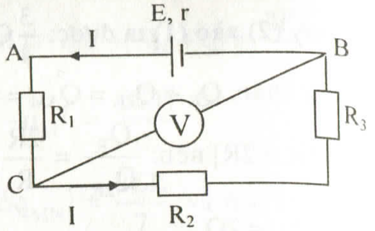
Bài giải

- Áp dụng định luật ôm cho đoạn mạch chứa nguồn, ta có:

  $U_{CB} = E - I(R_1 + r) = 170 - I(195 + 5)$ (1)

- Mặt khác, số chỉ của vôn kế bằng 100V nên:

  $U_{CB} = 100$ (2)



- Từ (1) và (2) suy ra: $170 - 200I = 100$

  $\Rightarrow I = 0,35A$

- Cường độ dòng điện qua R_2 và R_3 là:

  $$I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2 + R_3} = \frac{100}{200 + 200} = 0,25A$$

- Cường độ dòng điện qua vôn kế là: $I_V = I - I_2$

  $\Rightarrow I_V = 0,35 - 0,25 = 0,1A$

- Điện trở của vôn kế: $R_V = \frac{U_{CB}}{I_1} = \frac{100}{0,1} = 1000\Omega$.

  Vậy: Điện trở của vôn kế là $R_V = 1000\,\Omega$.

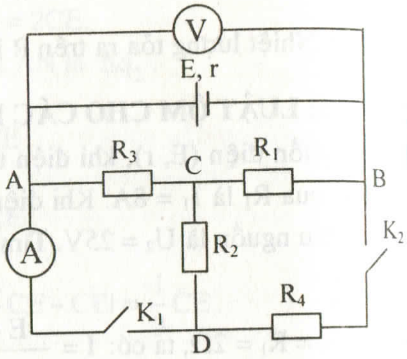
9.41. Cho mạch điện như hình vẽ:

$E = 6,3V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

a) Tìm số chỉ vôn kế khi K_1, K_2 đều mở.

b) K_1 mở, K_2 đóng, vôn kế chỉ 4,05V. Tìm R_4 và U_{AD}.

c) Tìm số chỉ của ampe kế khi K_1, K_2 đều đóng.



Bài giải

a) Số chỉ vôn kế khi K_1, K_2 đều mở

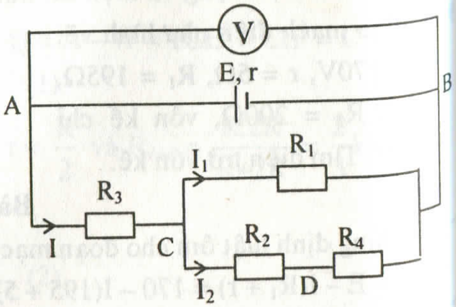
Khi K_1, K_2 đều mở, mạch ngoài chỉ gồm [R_3 nt R_1]:

Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E}{R_1 + R_3 + r} = \frac{6,3}{2 + 2 + 2} = 1,05A$

Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = E - Ir = 6,3 - 1,05.2 = 4,2V$.

Vậy: Số chỉ vôn kế khi K_1, K_2 đều mở là 4,2V.

b) Tìm R_4 và U_{AD}: Khi K_1 mở, K_2 đóng, ta có: R_3 nt [R_1//(R_2 nt R_4)] (hình vẽ):



Ta có: $U_{AB} = E - Ir$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{r} = \frac{6,3 - 4,05}{2} = 1,125A$$

Mặt khác: $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = IR_3 + U_{CB}$

$\Leftrightarrow 4,05 = 1,125.2 + U_{CB} \Rightarrow U_{CB} = 1,8V$

$$\Rightarrow R_{CB} = \frac{U_{CB}}{I} = \frac{1,8}{1,125} = 1,6\Omega$$

$$\text{và } R_{CB} = \frac{R_1(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_4} \Leftrightarrow 1,6 = \frac{2.(2 + R_4)}{2 + 2 + R_4} \Rightarrow R_4 = 6\Omega$$

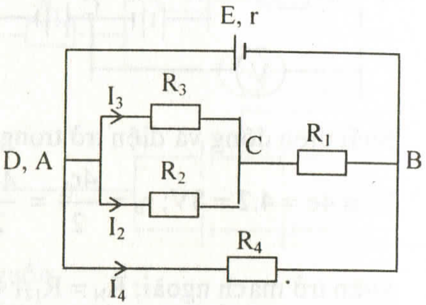
Tìm U_{AD}: Ta có: $U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} = IR_3 + I_2R_2$

$$\text{Mà} \quad I_2 = \frac{U_{CB}}{R_2 + R_4} \Rightarrow U_{AD} = 1,125.2 + \frac{1,8}{2 + 6}.2 = 2,7V.$$

Vậy: Điện trở $R_4 = 6\,\Omega$, hiệu điện thế giữa A và D là $U_{AD} = 2,7V$.

c) Số chỉ của ampe kế

Khi K_1, K_2 đều đóng, mạch điện được vẽ lại như sau:



Ta có: $I_A = I_2 + I_4$

$$R_{123} = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3} = 2 + \frac{2.2}{2 + 2} = 3\Omega$$

$$\Rightarrow R_N = R_{1234} = \frac{R_{123}.R_4}{R_{123} + R_4} = \frac{3.6}{3 + 6} = 2\Omega$$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{6,3}{2 + 2} = 1,575A$$

$$\Rightarrow U_{AB} = E - Ir = 6,3 - 1,575.2 = 3,15V$$

$$\text{Mà:} \quad U_4 = U_{AB} = 3,15 \Rightarrow I_4 = \frac{U_4}{R_4} = \frac{3,15}{6} = 0,525A$$

và: $I_3 + I_2 + I_4 = I \Rightarrow I_3 + I_2 = I - I_4 = 1,575 - 0,525 = 1,05A$.

Mặt khác, vì $R_2 = R_3$ nên $I_2 = I_3 = \frac{1,05}{2} = 0,525A$.

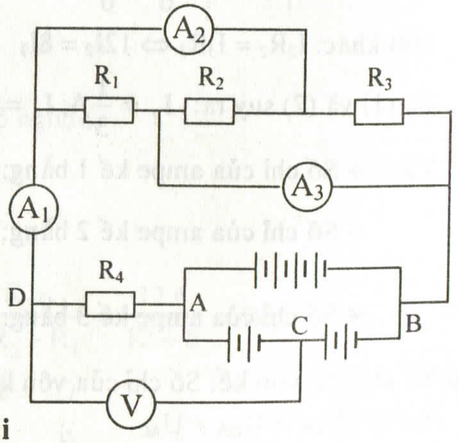
$\Rightarrow I_A = I_2 + I_4 = 0,525 + 0,525 = 1,05A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 1,05A.

9.42. Cho mạch điện như hình vẽ, bộ nguồn gồm 8 pin, mỗi pin có $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$ mắc thành 2 dãy song song mỗi dãy 4 pin. Điện trở $R_1 = 24\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

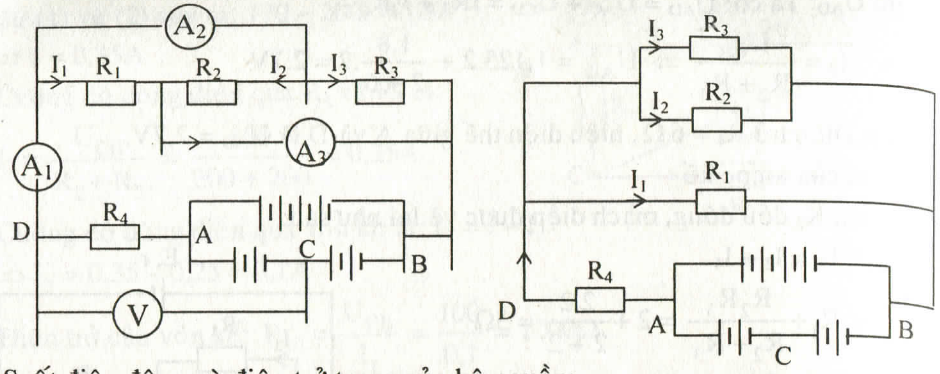
a) Tìm số chỉ của các ampe kế.

b) Tìm số chỉ của vôn kế. Đầu dương của vôn kế phải nối với điểm nào?



Bài giải

a) Số chỉ của các ampe kế: Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 nên mạch có thể được vẽ lại như sau:



Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

$E_b = 4e = 4.2 = 8V; r_b = \frac{4r_0}{2} = \frac{4.1}{2} = 2\Omega$

Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_{123} + R_4 = \frac{R_1.R_{23}}{R_1+R_{23}} + R_4$

với: $R_{23} = \frac{R_2.R_3}{R_2+R_3} = \frac{12.8}{12+8} = 4,8V \Rightarrow R_N = \frac{24.4,8}{24+4,8} + 2 = 6\,\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{8}{6+2} = 1A$.

$\Rightarrow U_{AB} = IR_{123} = 1.4 = 4V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{DB}}{R_1} = \frac{4}{24} = \frac{1}{6}A$

$\Rightarrow I_2 + I_3 = I - I_1 = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}A$ (1)

Mặt khác: $I_2R_2 = I_3R_3 \Leftrightarrow 12I_2 = 8I_3$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 = \frac{1}{3}A; I_3 = \frac{1}{2}A$.

Vậy: + Số chỉ của ampe kế 1 bằng: I = 1A.

+ Số chỉ của ampe kế 2 bằng: $I_2 + I_3 = \frac{5}{6}A$.

+ Số chỉ của ampe kế 3 bằng: $I_1 + I_2 = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = 0,5A$.

b) Số chỉ của vôn kế: Số chỉ của vôn kế bằng độ lớn của U_{DC}.

Ta có: $U_{DC} = U_{DA} + U_{AC}$

$U_{DA} = -I.R_4 = -1.2 = -2V; U_{AC} = 2e - \frac{I}{2}.2r_0 = 2.2 - \frac{1}{2}.2.1 = 3V$

$\Rightarrow U_{DC} = -2 + 3 = 1V$.

Ta thấy: $U_{DC} > 0 \Rightarrow V_D - V_C > 0 \Rightarrow V_D > V_C$.

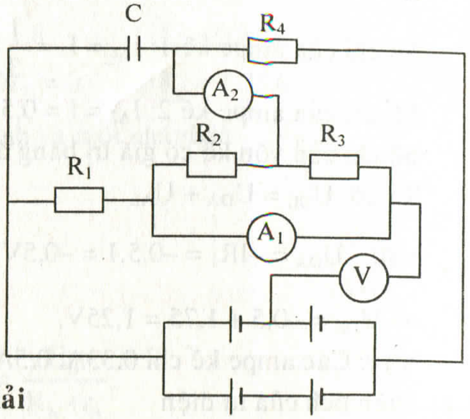
Vậy: Số chỉ vôn kế là 1V, cực dương của vôn kế nối với điểm D ($V_D > V_C$).

9.43. Cho mạch điện như hình vẽ. Mỗi nguồn e = 2V, r = 1Ω, điện trở $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 12\Omega$, $R_3 = 6\Omega$, $R_4 = 2\Omega$, tụ $C = 0,8\,\mu F$, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tính:

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn.

b) Số chỉ các ampe kế và vôn kế.

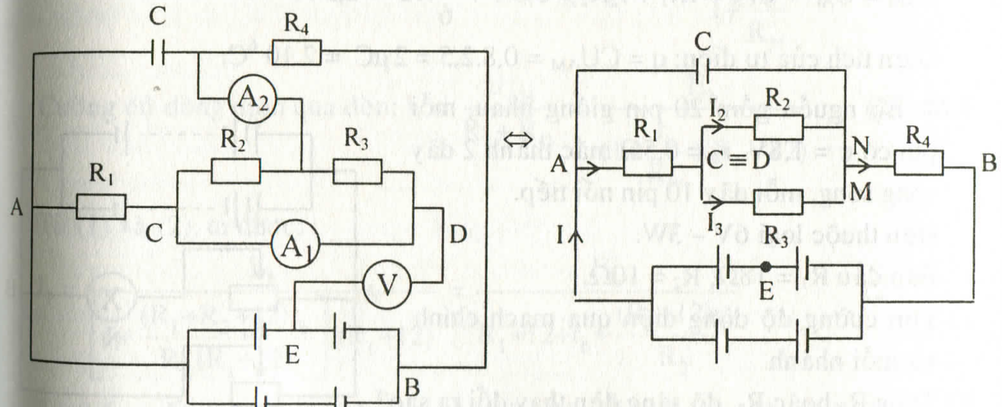
c) Điện tích của tụ điện.



Bài giải

a) Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn

– Vì điện trở của các ampe kế bằng 0 và R_V rất lớn nên mạch được vẽ lại như sau:



– Suất điện động và điện trở trong của bộ nguồn:

$E_b = 2e = 2.2 = 4V; r_b = \frac{2r_0}{2} = r_0 = 1\Omega$

b) Số chỉ các ampe kế và vôn kế

Ta có: $[R_1 \text{ nt } (R_2 // R_3) \text{ nt } R_4] \Rightarrow R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = \frac{12.6}{12+6} = 4\Omega$

$\Rightarrow R_N = R_{1234} = R_1 + R_{23} + R_4 = 1 + 4 + 2 = 7\Omega$

Cường độ dòng điện qua mạch ngoài: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{4}{7+1} = 0,5A$

$\Rightarrow I_2 + I_3 = 0,5$ (1)

Mặt khác: $I_2R_2 = I_3R_3 \Leftrightarrow 12I_2 = 6I_3$ (2)

Từ (1) và (2) suy ra: $I_2 = \frac{1}{6}A; I_3 = \frac{1}{3}A$.

Số chỉ của ampe kế 1: $I_{A1} = I_3 = \frac{1}{3} = 0{,}33A$.

Số chỉ của ampe kế 2: $I_{A2} = I = 0{,}5A$.

Số chỉ của vôn kế có giá trị bằng độ lớn của U_{DE}:

Ta có: $U_{DE} = U_{DA} + U_{AE}$

với: $U_{DA} = -IR_1 = -0{,}5.1 = -0{,}5V; U_{AE} = e - \frac{I}{2}.r_0 = 2 - \frac{0{,}5}{2}.1 = 1{,}75V$.

$\Rightarrow U_{DE} = -0{,}5 + 1{,}75 = 1{,}25V$.

Vậy: Các ampe kế chỉ 0,33A, 0,5A; vôn kế chỉ 1,25V.

c) Điện tích của tụ điện

Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện bằng U_{AM}:

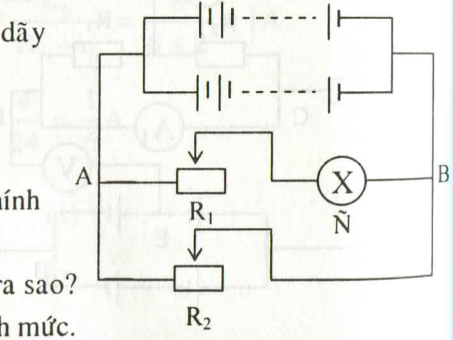
$U_{AM} = U_{AC} + U_{CN} = IR_1 + I_2R_2 = 0{,}5.1 + \frac{1}{6}.12 = 2{,}5V$.

Điện tích của tụ điện: $q = CU_{AM} = 0{,}8.2{,}5 = 2\mu C = 2.10^{-6}C$.

9.44. Bộ nguồn gồm 20 pin giống nhau, mỗi pin có $e = 1{,}8V$, $r_0 = 0{,}5\Omega$ mắc thành 2 dãy song song, mỗi dãy 10 pin nối tiếp.

Đèn thuộc loại 6V – 3W.

Ban đầu $R_1 = 18\Omega$, $R_2 = 10\Omega$.



a) Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính và mỗi nhánh.

b) Tăng R_2 hoặc R_1, độ sáng đèn thay đổi ra sao?

c) $R_1 = 18\Omega$. Tìm R_2 để đèn sáng đúng định mức.

d) $R_2 = 10\Omega$. Tìm R_1 để đèn sáng đúng định mức.

Bài giải

a) Cường độ dòng điện qua mạch chính và mỗi nhánh

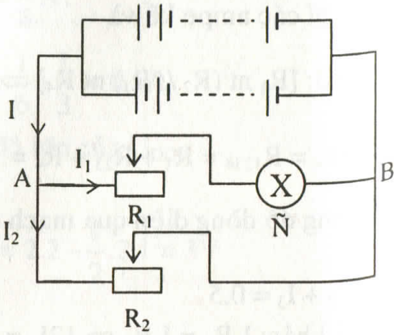
Ta có: $E_b = ne = 10.1{,}8 = 18V$

$r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{10.0{,}5}{2} = 2{,}5\Omega$

$R_Đ = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{3} = 12\Omega$

Điện trở mạch ngoài:

$R_N = \frac{R_2(R_1 + R_Đ)}{R_2 + R_1 + R_Đ} = \frac{10.(18 + 12)}{10 + 18 + 12} = 7{,}5\Omega$



Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b} = \frac{18}{7{,}5 + 2{,}5} = 1{,}8A$.

Ta có: $\begin{cases} I_1 + I_2 = I = 1{,}8 \\ I_1(R_1 + R_Đ) = I_2R_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = 1{,}8 \\ 30I_1 - 10I_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0{,}45A \\ I_2 = 1{,}35A \end{cases}$.

Vậy: Cường độ dòng điện qua mạch chính và mỗi nhánh là $I = 1{,}8A, I_1 = 0{,}45A, I_2 = 1{,}35A$.

b) Độ sáng đèn thay đổi ra sao

Ta có: $R_N = \frac{R_2(R_1 + R_Đ)}{R_2 + R_1 + R_Đ} = \frac{R_2(R_1 + 12)}{R_2 + R_1 + 12}$ (1)

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R_N + r_b}$.

Hiệu điện thế hai đầu A, B: $U_{AB} = IR_N = \frac{E_b}{R_N + r_b}.R_N = \frac{E}{1 + \frac{r_b}{R_N}}$

Cường độ dòng điện qua đèn: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_Đ} = \frac{E_b}{(1 + \frac{r_b}{R_N})(R_1 + 12)}$ (2)

Từ (1) và (2), ta được:

$I_1 = \frac{E_b}{\left[1 + \frac{(R_1 + R_2 + 12)r_b}{R_2(R_1 + 12)}\right].(R_1 + 12)} = \frac{E_b}{R_1 + 12 + r_b + \frac{(R_1 + 12)r_b}{R_2}}$ (2')

Ta thấy, nếu R_1 giữ nguyên còn tăng R_2 thì mẫu số của biểu thức (2') giảm nên dòng qua đèn sẽ tăng, đèn sẽ sáng hơn.

Nếu R_2 không đổi, tăng R_1 thì mẫu số của biểu thức (2' sẽ tăng nên dòng qua đèn giảm, đèn giảm sáng.

c) Tìm R_2 để đèn sáng đúng định mức

Thay $R_1 = 18\Omega$ vào (2') ta được:

$I_1 = \frac{18}{18 + 12 + 2{,}5 + \frac{(18 + 12).2{,}5}{R_2}} = \frac{18R_2}{32{,}5R_2 + 75}$ (3)

Để đèn sáng bình thường thì $I_1 = I_{dm}$:

$I_1 = I_{dm} = \frac{P_1}{U_1} = \frac{3}{6} = 0{,}5A$ (4)

Thay (4) vào (3) ta được: $0{,}5 = \dfrac{18R_2}{32{,}5R_2+75} \Rightarrow R_2 \approx 21{,}4\Omega$

Vậy: Để đèn sáng đúng định mức thì $R_2 \approx 21{,}4\Omega$.

d) Tìm R_1 để đèn sáng đúng định mức

Thay $R_2 = 10\Omega$ vào (2') ta được:

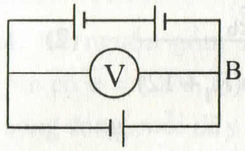
$$I_1 = \dfrac{18}{R_1 + 12 + 2{,}5 + \dfrac{(R_1+12).2{,}5}{10}} = \dfrac{180}{12{,}5R_1 + 175}$$

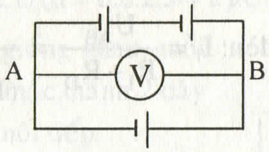
Để đèn sáng bình thường thì $I_1 = I_{đm} = 0{,}5A$:

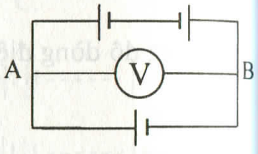
$$0{,}5 = \dfrac{180}{12{,}5R_1+175} \Rightarrow R_1 = 14{,}8\Omega.$$

Vậy: Để đèn sáng đúng định mức thì $R_1 = 14{,}8\Omega$.

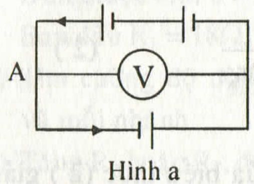
9.45. Ba nguồn giống nhau, mỗi nguồn có: $e = 1{,}5V$, $r = 0{,}5\Omega$ và một vôn kế V (R_V rất lớn) lần lượt mắc theo ba sơ đồ như hình vẽ. Tính số chỉ vôn kế trên mỗi sơ đồ.



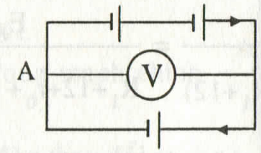




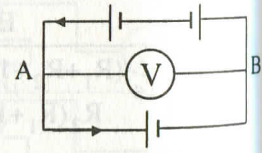
Bài giải



Hình a



Hình b



Hình c

Giả sử dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ:

- Hình a: Nhánh trên: $U_{AB} = 2e - I.2r_0$ (1)

  Nhánh dưới: $U_{AB} = -e + Ir_0$ (2)

  + Từ (1) và (2) ta có: $2e - I.2r_0 = -e + Ir_0 \Rightarrow I = \dfrac{e}{r_0} = \dfrac{1{,}5}{0{,}5} = 3A$
  + Số chỉ của vôn kế: $U_{AB} = 2.1{,}5 - 3.2.0{,}5 = 0$.
- Hình b: Nhánh trên: $U_{AB} = -2e + I.2r_0 = -3 + I$ (3)

  Nhánh dưới: $U_{AB} = -e - I.r_0 = -1{,}5 - 0{,}5I$ (4)

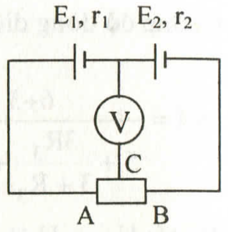
  + Từ (3) và (4) ta có: $-3 + I = -1{,}5 - 0{,}5I \Rightarrow I = 1A$; $U_{AB} = -3 + 1 = -2V$.
  + Số chỉ của vôn kế là 2V, cực dương nối với B.
- Hình c: Nhánh trên: $U_{AB} = -I.2r_0 = -I$ (5)

  Nhánh dưới: $U_{AB} = e + I.r_0 = 1{,}5 + 0{,}5I$ (6)

  + Từ (5) và (6) ta có: $-I = 1{,}5 + 0{,}5I$

    $\Rightarrow I = -1A$: dòng điện thực tế ngược chiều ta chọn.
  + Số chỉ của vôn kế là $U_{AB} = -(-1) = 1V$, cực dương của vôn kế nối với A ($V_A > V_B$).

9.46. Cho mạch điện như hình vẽ, $E_1 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$, $E_2 = 4V$, $r_2 = 2\Omega$, $R_{AB} = 7\Omega$, R_V rất lớn.



a) Tìm số chỉ của vôn kế nếu:

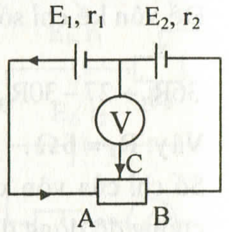
- C trùng A.
- C ở vị trí $R_{AC} = 1\Omega$.

b) Tính R_{AC} để vôn kế chỉ 0; chỉ 1V.

Bài giải

Ta có: Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{E_1 + E_2}{R_{AB} + r_1 + r_2} = \dfrac{6+4}{7+1+2} = 1A$.

a) Số chỉ của vôn kế



- Khi $C \equiv A$: $R_{AC} = 0$, $R_{CB} = 7\Omega$.

  Ta có: $U_{CM} = E_1 - Ir_1 = 6 - 1.1 = 5V$.

  Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 5V, cực dương của vôn kế nối với C.
- Khi C ở vị trí $R_{AC} = 1\Omega$:

  $\Rightarrow U_{CM} = E_1 - I(r_1 + R_{AC}) = 6 - 1.(1 + 1) = 4V$.

  Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 4V, cực dương của vôn kế nối với C.

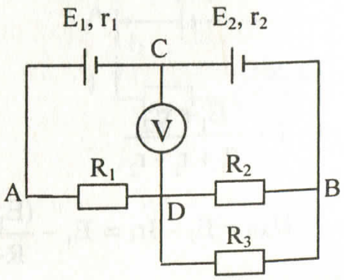
b) Tính R_{AC}

- Ta luôn có: $U_{CM} = E_1 - I(r_1 + R_{AC}) = 6 - (1 + R_{AC}) = 5 - R_{AC} \Rightarrow R_{AC} = 5 - U_{CM}$
- Để vôn kế chỉ 0: $U_{CM} = 0 \Rightarrow R_{AC} = 5\Omega$.
- Để vôn kế chỉ 1V: $U_{CM} = \pm 1V$ (dấu "+" ứng với cực dương nối với C, dấu "–" ứng với cực dương nối với M).

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} R_{AC} = 5 + 1 = 6\Omega \\ R_{AC} = 5 - 1 = 4\Omega \end{array}\right.$$

Vậy: Để vôn kế chỉ số 0 thì $R_{AC} = 5\Omega$; để vôn kế chỉ 1V thì $R_{AC} = 6\Omega$ hoặc $R_{AC} = 4\Omega$.

9.47. Cho mạch điện như hình vẽ:



$E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$,

$R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, R_V rất lớn.

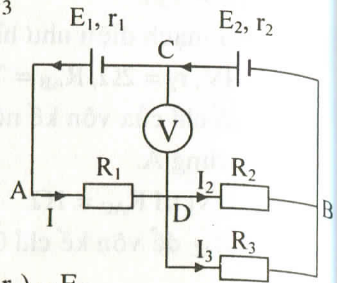
a) Vôn kế V chỉ 0. Tính R_3.

b) Đảo vị trí các cực của một trong hai nguồn. Tìm số chỉ của vôn kế.

Bài giải

a) Tính R_3: Ta có:

Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = 5 + \frac{3R_3}{3+R_3}$



Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \frac{E_1+E_2}{R_N+r_1+r_2}$

$$\Rightarrow I = \frac{6+3}{5+\frac{3R_3}{3+R_3}+1+1} = \frac{9.(3+R_3)}{10R_3+21}$$

Ta có: $U_{DC} = U_{DB} + U_{BC} = IR_{23} - E_2 + Ir_2 = I(R_{23} + r_2) - E_2$

$$\Rightarrow U_{DC} = \frac{9.(3+R_3)}{10R_3+21}.\left[\frac{3R_3}{3+R_3}+1\right] - 3 = \frac{9}{10R_3+21}.\left[4R_3+3\right] - 3$$

Để vôn kế chỉ số 0: $U_{DC} = 0 \Leftrightarrow \frac{9}{10R_3+21}.(4R_3+3) - 3 = 0$

$36R_3 + 27 - 30R_3 - 63 = 0 \Rightarrow R_3 = 6\Omega$.

Vậy: $R_3 = 6\,\Omega$.

b) Số chỉ của vôn kế khi đảo cực của một nguồn: Giả sử đảo cực của nguồn E_2, cường độ dòng điện qua mạch là:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_N + r_1 + r_2} = \frac{3.(3+6)}{10.6+21} = \frac{1}{3}A$$

Ta có: $U_{CD} = -E_1 + I(r_1 + R_1) = -6 + \frac{1}{3}.(1+5) = -4V \Rightarrow U_{DC} = 4V$.

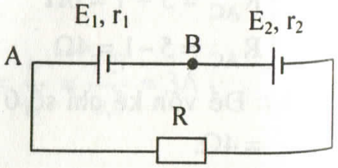
Vậy: Khi đảo cực của một nguồn thì số chỉ của vôn kế bằng 4V, cực dương nối với D.

9.48. Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm E_1 để:

a) $U_{AB} > 0$.

b) $U_{AB} < 0$.

c) $U_{AB} = 0$.

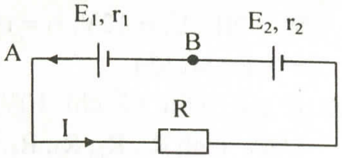


Bài giải

Ta có:

$$+\quad I = \frac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2} \qquad (1)$$

$$+\quad U_{AB} = E_1 - Ir_1 = E_1 - \frac{(E_1+E_2)r_1}{R+r_1+r_2} = \frac{(R+r_2)E_1 - E_2r_1}{R+r_1+r_2} \qquad (2)$$



a) Để $U_{AB} > 0$: Từ (2), để $U_{AB} > 0$ thì:

$(R + r_2)E_1 - E_2r_1 > 0 \Rightarrow E_1 > \frac{E_2r_1}{R+r_2}$

b) Để $U_{AB} < 0$: Từ (2), để $U_{AB} < 0$ thì:

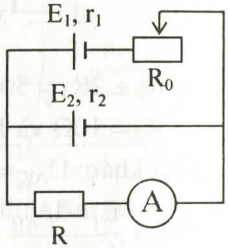
$(R + r_2)E_1 - E_2r_1 < 0 \Rightarrow E_1 < \frac{E_2r_1}{R+r_2}$

c) Để $U_{AB} = 0$: Từ (2), để $U_{AB} = 0$ thì: $(R + r_2)E_1 - E_2r_1 = 0$

$\Rightarrow E_1 = \frac{E_2r_1}{R+r_2}$.

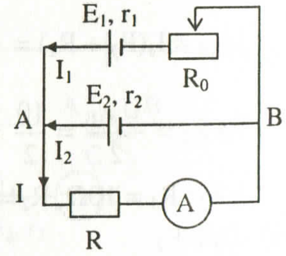
Vậy: Để $U_{AB} > 0$ thì $E_1 > \frac{E_2r_1}{R+r_2}$; để $U_{AB} < 0$ thì $E_1 < \frac{E_2r_1}{R+r_2}$; để $U_{AB} = 0$ thì $E_1 = \frac{E_2r_1}{R+r_2}$.

9.49. Cho mạch điện như hình vẽ: $R = 10\Omega$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_A = 0$. Khi xê dịch con chạy biến trở R_0, số chỉ ampe kế không đổi và bằng 1A. Tìm E_1, E_2.



Bài giải

- Vì khi xê dịch con chạy R_0, số chỉ của ampe kế không đổi nên không có dòng điện chạy qua nguồn E_1.



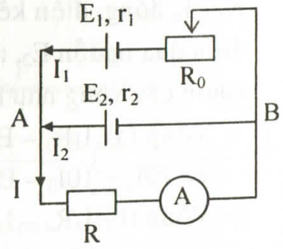
- Ta có: $U_{AB} = IR = 1.10 = 10V$.

+ Với nguồn E_1, ta có: $U_{AB} = E_1 \Rightarrow E_1 = 10V$.

+ Với nguồn E_2, ta có: $U_{AB} = E_2 - Ir_2$

$\Rightarrow E_2 = U_{AB} + Ir_2 = 10 + 1.1 = 11V$.

Vậy: Suất điện động của các nguồn điện là $E_1 = 10V$, $E_2 = 11V$.

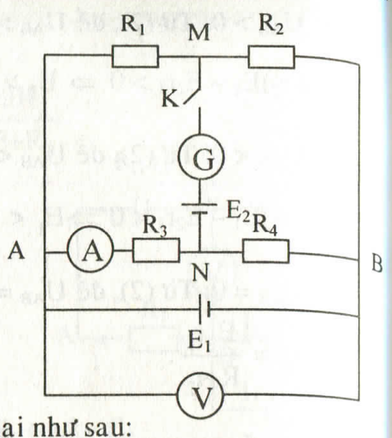


9.50. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 2R_2$, $R_4 = 2R_3$, $E_1 = 12V$, $r_1 = r_2 = 2\Omega$, $R_A = R_G = 0$, R_V rất lớn.

a) K mở, vôn kế chỉ 10V, ampe kế chỉ 1/3A. Tính R_1, R_2, R_3, R_4.

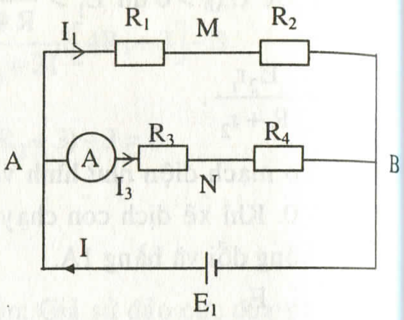
b) K đóng, điện kế chỉ 0. Tính E_2.

c) Thay khóa K bằng tụ C = 3μF và đổi cực nguồn E_2. Tính Q của tụ và xác định dấu điện tích trên các bản tụ.



Bài giải

a) Tính R_1, R_2, R_3, R_4: Khi K mở mạch được vẽ lại như sau:



Ta có: $U_{AB} = 10V$; $I_3 = \frac{1}{3}A$.

$$\Rightarrow R_3 + R_4 = \frac{U_{AB}}{I_3} = \frac{10}{\frac{1}{3}} = 30\Omega$$

$\Leftrightarrow R_3 + 2R_3 = 30\Omega$

$\Rightarrow R_3 = 10\Omega$ và $R_4 = 2R_3 = 20\Omega$.

Mặt khác: $U_{AB} = E_1 - Ir_1$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = \frac{12-10}{2} = 1A \Rightarrow I_1 = I - I_3 = 1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}A$$

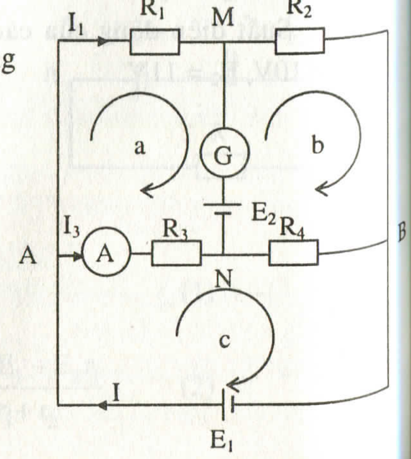
$$U_{AB} = I_1(R_1 + R_2) = \frac{2}{3}.(2R_2 + R_2) = 2R_2$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{AB}}{2} = \frac{10}{2} = 5\Omega \text{ và } R_1 = 2R_2 = 10\Omega.$$

Vậy: $R_1 = 10\Omega$; $R_2 = 5\Omega$; $R_3 = 10\Omega$; $R_4 = 20\Omega$.

b) Tính E_2

Khi K đóng, điện kế chỉ 0 nên không có dòng điện qua nguồn E_2, mạch được vẽ như sau:



Chọn các vòng như hình vẽ, ta có:

+ Vòng (a): $I_1R_1 - E_2 - I_3R_3 = 0$

$\Leftrightarrow 10I_1 - 10I_3 - E_2 = 0$ (1)

+ Vòng (b): $I_1R_2 - I_3R_4 + E_2 = 0$

$\Leftrightarrow 5I_1 - 20I_3 + E_2 = 0$ (2)

+ Vòng (c): $I_3(R_3 + R_4) - E_1 + Ir_1 = 0$

$\Leftrightarrow I_3.(10 + 20) - 12 + (I_1 + I_3).2 = 0$

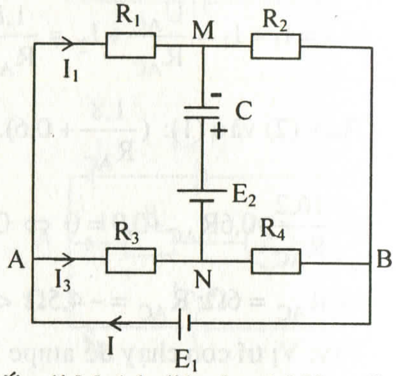
$\Leftrightarrow 2I_1 + 32I_3 = 12$ (3)

$$\text{Từ (1), (2), (3): } \begin{cases} 10I_1 - 10I_3 - E_2 = 0 \\ 5I_1 - 20I_3 + E_2 = 0 \\ 2I_1 + 32I_3 = 12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{2}{3}A \\ I_3 = \frac{1}{3}A \\ E_2 = \frac{10}{3} \approx 3{,}33V \end{cases}$$

Vậy: Suất điện động của nguồn E_2 là $E_2 = 3{,}33V$.

c) Tính Q của tụ và xác định dấu điện tích trên các bản tụ

Khi thay khoá K bằng tụ C, do dòng điện không chạy qua tụ C nên các dòng điện trong mạch bây giờ giống như ở câu (a).



Ta có: $U_{NM} = U_{NA} + U_{AM} = -I_3R_3 + I_1R_1$

$$\Rightarrow U_{NM} = -\frac{1}{3}.10 + \frac{2}{3}.10 = \frac{10}{3}V$$

Mặt khác: $U_{NM} = -E_2 + U_C$

$$\Rightarrow U_C = U_{NM} + E_2 = \frac{10}{3} + \frac{10}{3} = \frac{20}{3}V$$

và $Q = CU_C = 3.\frac{20}{3} = 20\mu C = 2.10^{-5}C$.

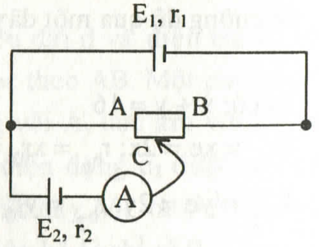
Vậy: Điện tích của tụ là $Q = 2.10^{-5}$ C và bản nối với M tích điện âm (vì $U_C > 0$).

Chú ý: Nếu chúng ta tính ra $U_C < 0$ thì bản dương của tụ được nối với N.

9.51. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 4{,}5V$, $E_2 = 1{,}8V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_{AB} = 8\Omega$, $R_A = 0$.

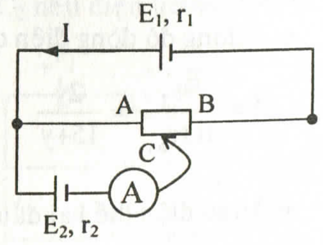
a) Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.

b) Mắc thêm R = 3Ω song song với đoạn mạch chứa E_2 và ampe kế. Tìm vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0.



Bài giải

a) Vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0



Vì ampe kế chỉ số 0 nên không có dòng qua E_2:

$\Rightarrow U_{AC} = E_2 = 1{,}8V$

$$\text{Mặt khác: } I = \frac{E_1}{R_{AB} + r_1} = \frac{4{,}5}{8+1} = 0{,}5A.$$

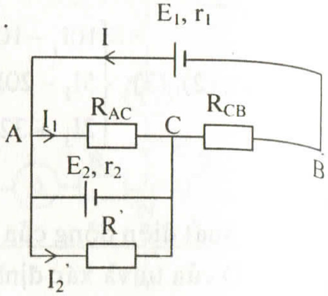
$$\Rightarrow R_{AC} = \frac{U_{AC}}{I} = \frac{1{,}8}{0{,}5} = 3{,}6\Omega.$$

Vậy: Vị trí con chạy để ampe kế chỉ 0 là $R_{AC} = 3{,}6\Omega$.

b) Vị trí con chạy C để ampe kế chỉ 0 khi mắc thêm R′

Khi mắc thêm R, mạch được vẽ lại như sau:

Vì ampe kế chỉ số 0 nên: $U_{R'} = U_{AC} = E_2 = 1,8V$.



$\Rightarrow I_2 = \dfrac{U_{R'}}{R'} = \dfrac{1,8}{3} = 0,6A$

Mặt khác: $U_{AC} + U_{CB} - E_1 + Ir_1 = 0$

$\Leftrightarrow 1,8 + IR_{CB} - 4,5 + I = 0$

$\Leftrightarrow I(R_{CB} + 1) - 2,7 = 0$

$\Leftrightarrow I(8 - R_{AC} + 1) - 2,7 = 0$

$\Leftrightarrow I(9 - R_{AC}) - 2,7 = 0$ (1)

và $I = I_1 + I_2 = \dfrac{U_{AC}}{R_{AC}} + I_2 = \dfrac{1,8}{R_{AC}} + 0,6$ (2)

Thay (2) vào (1): $(\dfrac{1,8}{R_{AC}} + 0,6).(9 - R_{AC}) - 2,7 = 0$

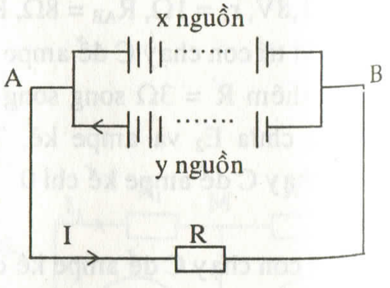
$\Leftrightarrow \dfrac{16,2}{R_{AC}} - 0,6R_{AC} + 0,9 = 0 \Leftrightarrow 0,6R_{AC}^2 - 0,9R_{AC} - 16,2 = 0$

$\Rightarrow R_{AC} = 6\Omega$; $R_{AC} = -4,5\Omega < 0$: loại.

Vậy: Vị trí con chạy để ampe kế chỉ 0 trong trường hợp này là $R_{AC} = 6\,\Omega$.

9.52. Có 16 nguồn giống nhau, mỗi nguồn $e = 2V$, $r_0 = 1\Omega$, mắc thành hai dãy song song, mỗi dãy x và y nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là $R = 15\Omega$. Tìm x, y để cường độ qua một dãy bằng 0.

Bài giải



Ta có: $x + y = 16$

$E_{b_1} = xe = 2x$; $r_{b_1} = xr_0 = x$

$E_{b_2} = ye = 2y$; $r_{b_2} = yr_0 = y$

Giả sử dòng qua dãy chứa x nguồn bằng 0, ta có:

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E_{b_2}}{R + r_{b_2}} = \frac{2y}{15+y}$$

+ Hiệu điện thế hai đầu bộ nguồn: $U_{AB} = IR = \dfrac{2y.15}{15+y} = \dfrac{30y}{15+y}$ (1)

+ Mặt khác, dòng điện không qua dãy chứa x nguồn nên ta có:

$U_{AB} = E_{b_1} = 2x = 2.(16 - y)$ (2)

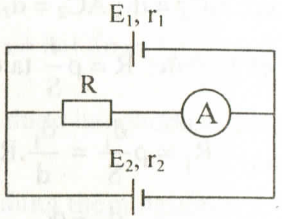
+ Từ (1) và (2): $2.(16\text{-}y) = \dfrac{30y}{15+y} \Leftrightarrow 2y^2 + 28y - 480 = 0$

$\Rightarrow y = 10$ và $y = -24 < 0$ (loại) và $x = 16 - 10 = 6$.

Vậy: Để cường độ qua một dãy bằng 0 thì số nguồn của mỗi dãy là 6 và 10.

9.53. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 4,5V$, $r_1 = 2\Omega$, $R = 2\Omega$, $R_A = 0$.

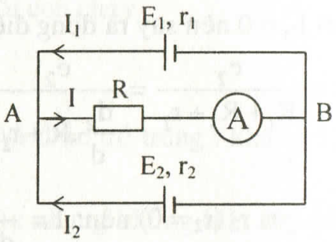
Ampe kế chỉ 2A. Tính r_2.



Bài giải

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

$U_{AB} = IR = 2.2 = 4V$.



Xét nhánh trên, ta có: $U_{AB} - E_1 + I_1r_1 = 0$

$\Rightarrow I_1 = \dfrac{E_1 - U_{AB}}{r_1} = \dfrac{6-4}{2} = 1A$ (1)

Xét nhánh dưới, ta có: $U_{AB} - E_2 + I_2r_2 = 0$

$\Rightarrow I_2r_2 = E_2 - U_{AB} = 4,5 - 4 = 0,5$

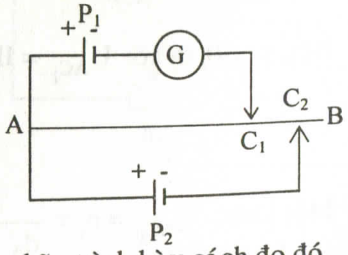
$\Rightarrow r_2 = \dfrac{0,5}{I_2}$ (2)

Mặt khác, tại nút A: $I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = I - I_1 = 2 - 1 = 1A$

Thay vào (2) ta được: $r_2 = 0,5\Omega$. Vậy: $r_2 = 0,5\Omega$.

9.54. Một dây kim loại đồng chất tiết diện đều chiều dài d và điện trở R. Hai chỗ tiếp xúc di động C_1 và C_2 có thể di chuyển dọc theo AB. Một pin mẫu P_1 có suất điện động e_1 đã biết được nối cực dương với A, cực âm với C_1 qua một điện kế G. Một nguồn điện P_2 cần đo suất điện động e_2 được nối cực dương với A, cực âm với C_2 (hình vẽ). Điện trở các dây nối và chỗ tiếp xúc không đáng kể. Chọn vị trí của C_1 và C_2 sao cho điện kế G chỉ số 0.

a) Tính tỉ số $\dfrac{e_2}{e_1}$ theo các độ dài $d_1 = AC_1$ và $d_2 = AC_2$ nếu điện trở trong r_2 của P_2 là nhỏ có thể bỏ qua được.



b) Tính tỉ số $\dfrac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu r_2 không thể bỏ qua được.

c) Người ta dùng sơ đồ trên để đo suất điện động e_2, hãy trình bày cách đo đó.

d) Để đo suất điện động e_2 được dễ dàng hơn, người ta chọn thêm một nguồn P_3 có suất điện động $e_3 > e_2$. Trình bày cách đo này.

Bài giải

a) Tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu điện trở trong r_2 của P_2 có thể bỏ qua được

Ta có: $AC_1 = d_1$; $AC_2 = d_2$; $C_1C_2 = d_2 - d_1$.

Từ công thức: $R = \rho\frac{l}{S}$ ta được:

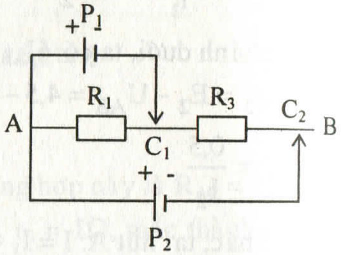
$$R_{AC_1} = R_1 = \rho\frac{d_1}{S} = \frac{d_1}{d}.R\ ;\ R_{AC_2} = R_2 = \rho\frac{d_2}{S} = \frac{d_2}{d}.R$$

$$R_{AC_3} = R_3 = \rho\frac{d_2 - d_1}{S} = \frac{d_2 - d_1}{d}.R$$

Khi đó, mạch có thể được vẽ lại:

Vì $I_G = 0$ nên suy ra dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{e_2}{R_1 + R_3 + r_2} = \frac{e_2}{\frac{d_2}{d}.R + r_2} \qquad (*)$$



Bỏ qua r_2 ($r_2 = 0$) nên: $I = \frac{e_2}{\frac{d_2}{d}.R} = \frac{e_2 d}{d_2 R}$

$$\Rightarrow U_{AC_1} = IR_1 = \frac{e_2 d}{d_2 R}.\frac{d_1}{d}.R = \frac{e_2 d_1}{d_2}$$

Mặt khác vì dòng qua e_1 bằng 0 nên $U_{AC_1} = e_1 = \frac{e_2 d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1}$.

Vậy: Nếu bỏ qua r_2 thì $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1}$

b) Tỉ số $\frac{e_2}{e_1}$ theo d_1, d_2 nếu điện trở trong r_2 của P_2 không thể bỏ qua được

Nếu $r_2 \neq 0$, ta có: $U_{AC_1} = IR_1 = \frac{e_2}{\frac{d_2}{d}R + r_2}.\frac{d_1}{d}R$.

Mặt khác: $U_{AC_1} = e_1 = \frac{e_2}{\frac{d_2}{d}.R + r_2}.\frac{d_1}{d}.R \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{\frac{d_2 R}{d} + r_2}{\frac{d_1}{d}.R}$

Đặt $r_0 = \frac{R}{d} \Rightarrow \frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2 r_0 + r_2}{d_1 r_0} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$

Vậy: Nếu không bỏ qua r_2 thì $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$ với $r_0 = \frac{R}{d}$.

c) Cách đo suất điện động e_2

Từ kết quả câu b, ta có: $\frac{e_2}{e_1} = \frac{d_2}{d_1} + \frac{r_2}{d_1 r_0}$, trong đó có hai ẩn e_2 và r_2 chưa biết nên chúng ta cần làm hai lần thí nghiệm, từ đó có được hai phương trình, giải hệ phương trình này ta tìm được e_2 và r_2.

d) Cách đo e_2 khi dùng thêm nguồn P_3: Để đo e_2 khi dùng thêm nguồn P_3 ta làm như sau:

- Nối cực dương của P_3 với A, cực âm với B, cực dương của nguồn P_1 nối với A, cực âm với điện kế G, cực còn lại của điện kế nối con chạy.
- Thay nguồn P_1 bởi P_2.

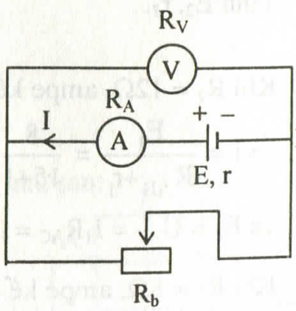
9.55.

- Một nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r không đổi, chưa biết giá trị của E và r.
- Một ampe kế và một vôn kế có số chỉ chính xác nhưng không biết điện trở của chúng.
- Một biến trở không biết giá trị.
- Các dây nối có điện trở nhỏ không đáng kể.

Xây dựng các phương án thực hành với các dụng cụ đã cho để xác định giá trị của suất điện động E và điện trở trong r?

Bài giải

Chúng ta có thể bố trí các dụng cụ theo sơ đồ sau:



Ta có: $U_{CD} = E - I(r + R_A)$

Điều chỉnh biến trở R_b 3 lần, khi đó số chỉ của ampe kế và vôn kế tương ứng là I_1, U_1, I_2, U_2, I_3, U_3.

$$\Rightarrow \begin{cases} U_1 = E - I_1(r + R_A) \\ U_2 = E - I_2(r + R_A) \\ U_3 = E - I_3(r + R_A) \end{cases}$$

Hệ trên có 3 ẩn là E, r, R_A.

Giải hệ ta tìm được giá trị của E và r.

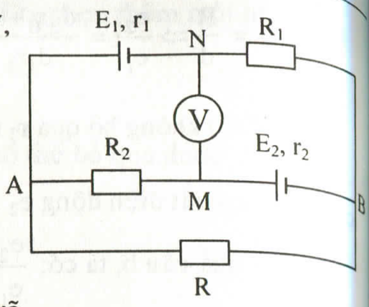
9.56. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = E_2 = 6V$, $r_1 = 1\Omega$, $r_2 = 2\Omega$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 4\Omega$.

Vôn kế (R_V rất lớn) chỉ 7,5V.

Tính:

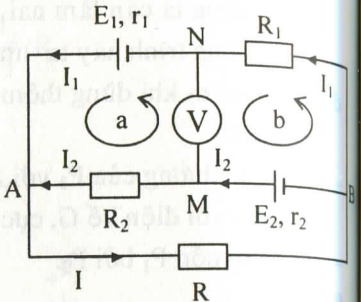
a) U_{AB}.

b) R.



Bài giải

Giả sử chiều dòng điện trong mạch như hình vẽ.



– Xét theo vòng (a), ta có:

$$-I_2R_2 + U_{MN} - E_1 + I_1r_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow -4I_2 + 7{,}5 - 6 + I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow I_1 - 4I_2 + 1{,}5 = 0 \qquad (1)$$

– Xét theo vòng (b), ta có:

$$+E_2 - I_2r_2 + I_1R_1 + U_{NM} = 0$$

$$\Leftrightarrow 6 - 2I_2 + 5I_1 - 7{,}5 = 0$$

$$\Leftrightarrow 5I_1 - 2I_2 - 1{,}5 = 0 \qquad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra: $I_1 = I_2 = 0{,}5A$.

a) Tính U_{AB}: Ta có: $U_{AB} = E_2 - I_2(r_2 + R_2) = 6 - 0{,}5.(2 + 4) = 3V$.

b) Tính R: Ta có: $U_{AB} = IR = (I_1 + I_2)R = (0{,}5 + 0{,}5).R = R \Rightarrow R = 3\Omega$.

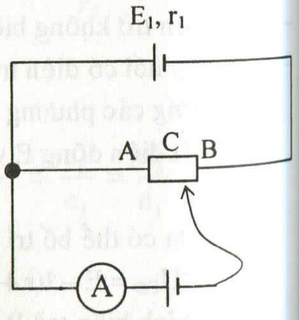
Vậy: $U_{AB} = 3V$; $R = 3\Omega$.

9.57. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 8V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_A = 0$, $R_{AC} = R_1$, $R_{CB} = R_2$, $R_{AB} = 15\Omega$.

– Khi $R_1 = 12\Omega$, ampe kế chỉ 0.

– Khi $R_1 = 8\Omega$, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}$ A.

Tính E_2, r_2.

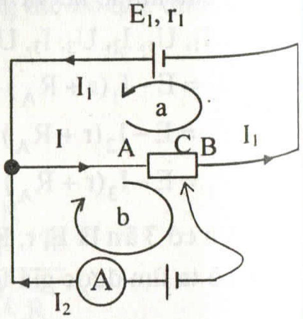


Bài giải

– Khi $R_1 = 12\Omega$, ampe kế chỉ 0 nên không có dòng qua nguồn E_2.

$$\Rightarrow I = \frac{E_1}{R_{AB} + r_1} = \frac{8}{15 + 1} = 0{,}5A$$

và $E_2 = U_{AC} = I_1R_{AC} = 0{,}5.12 = 6V$.



– Khi $R_1 = 8\Omega$, ampe kế chỉ $\frac{1}{3}$ A:

+ Xét theo vòng kín (a), ta có:

$$IR_{AC} + I_1R_{CB} + I_1r_1 - E_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 8I + 7I_1 + I_1 - 8 = 0 \Leftrightarrow 8I + 8I_1 - 8 = 0$$

$$\Leftrightarrow I + I_1 - 1 = 0$$

Vì $I_1 + I_2 = I \Rightarrow I_1 = I - I_2 = I - \frac{1}{3} \Rightarrow I + I - \frac{1}{3} - 1 = 0 \Rightarrow I = \frac{2}{3}A$

và $U_{AC} = IR_{AC} = \frac{2}{3}.8 = \frac{16}{3}V$

+ Mặt khác: $U_{AC} = E_2 - I_2r_2 = 6 - \frac{1}{3}r_2 \Leftrightarrow \frac{16}{3} = 6 - \frac{1}{3}r_2 \Rightarrow r_2 = 2\Omega$.

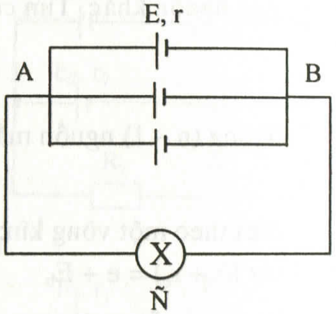
Vậy: $E_2 = 6V$ và $r_2 = 2\Omega$.

9.58. Bộ nguồn gồm ba acquy 12V – 3Ω mắc song song. Mạch ngoài là một bóng đèn 8V.

a) Đèn sáng bình thường. Tính công suất đèn.

b) Nếu một nguồn bị đảo cực thì công suất đèn là bao nhiêu?

Bài giải



a) Công suất của đèn

Ta có: $E_b = E = 12V$; $r_b = \frac{3}{3} = 1\Omega$.

Cường độ dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E_b}{R_Đ + r_b} = \frac{12}{R_Đ + 1}.$$

Hiệu điện thế giữa hai đầu đèn: $U = IR_Đ = \frac{12R_Đ}{R_Đ + 1}$.

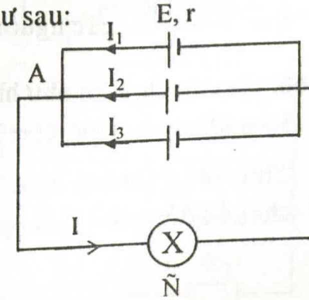
Vì đèn sáng bình thường nên: $U = 8V \Leftrightarrow 8 = \frac{12R_Đ}{R_Đ + 1} \Rightarrow R_Đ = 2\Omega$

Công suất của đèn: $P = \frac{U^2}{R_Đ} = \frac{8^2}{2} = 32W$.

Vậy: Công suất của đèn là P = 32W.

b) Công suất của đèn khi một nguồn bị đổi cực

Nếu một nguồn bị đảo cực, mạch có thể vẽ lại như sau:



Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

+ Nhánh trên: $IR_Đ - E + I_1r_0 = 0$

+ Nhánh giữa: $IR_Đ - E + I_2r_0 = 0$

+ Nhánh dưới: $IR_Đ + E + I_3r_0 = 0$

$$2I - 12 + 3I_1 = 0$$

$$\Leftrightarrow 2I - 12 + 3I_2 = 0$$

$2I + 12 + 3I_3 = 0$

Mặt khác: $I = I_1 + I_2 + I_3$, thay vào hệ, ta được:

$$\begin{cases} 5I_1 + 2I_2 + 2I_3 = 12 \\ 2I_1 + 5I_2 + 2I_3 = 12 \\ 2I_1 + 2I_2 + 5I_3 = -12 \end{cases} \Rightarrow I_1 = \frac{28}{9}A;\ I_2 = \frac{28}{9}A;\ I_3 = -\frac{44}{9}A$$

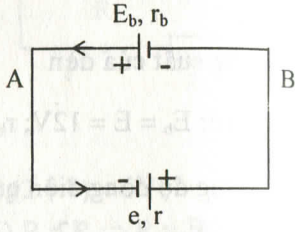
$$\Rightarrow I = \frac{28}{9} + \frac{28}{9} - \frac{44}{9} = \frac{4}{3}A.$$

và: $P = I^2R_Đ = (\frac{4}{3})^2.2 \simeq 3{,}56W$.

Vậy: Công suất của đèn khi một nguồn bị đổi cực là $P \simeq 3{,}56W$.

9.59. Có n nguồn giống nhau (e, r) mắc song song. Có một nguồn mắc ngược với các nguồn khác. Tìm cường độ và hiệu điện thế của mỗi nguồn.

Bài giải



Trong (n – 1) nguồn mắc đúng, ta có: $\begin{cases} E_b = e \\ r_b = \dfrac{r}{n-1} \end{cases}$

Xét theo một vòng kín: $-e + Ir - E_b + Ir_b = 0$

$\Leftrightarrow I(r + r_b) = e + E_b$

$\Leftrightarrow I(r + \frac{r}{n-1}) = 2e\ (E_b = e) \Leftrightarrow I.\frac{nr}{n-1} = 2e \Rightarrow I = \frac{2(n-1)e}{nr}$

Suy ra: Dòng điện qua nguồn mắc ngược bằng $I = \frac{2(n-1)e}{nr}$.

Trong (n – 1) nguồn mắc đúng thì dòng điện đều bằng nhau và bằng:

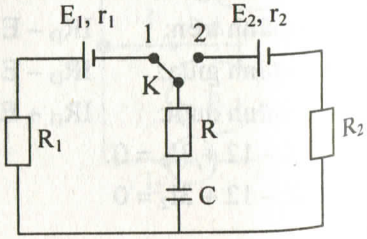
$$\frac{I}{n-1} = \frac{2(n-1)e}{nr(n-1)} = \frac{2e}{nr}$$

Hiệu điện thế của mỗi nguồn: $U_{AB} = -e + Ir = -e + \frac{2(n-1)e}{n} = \frac{(n-2)e}{n}$

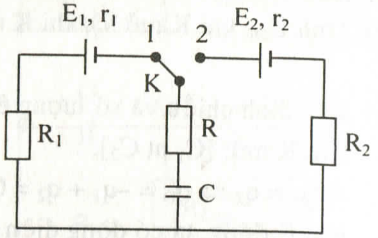
Vậy: Cường độ và hiệu điện thế của mỗi nguồn là: nguồn mắc ngược là $I = \frac{2(n-1)e}{nr}$, các nguồn còn lại là $I' = \frac{2e}{nr}$ và $U = \frac{(n-2)e}{n}$.

9.60. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 8V$, $E_2 = 12V$, $C = 2\mu F$.

Tìm điện lượng qua R khi K chuyển động từ (1) sang (2).



Bài giải



Vì dòng điện không qua C nên:

Khi K ở vị trí 1 thì: $U_C = E_1 = 8V$.

$\Rightarrow q = CU_C = 2.8 = 16\mu C$

và cực âm của C nối với R.

Khi K ở vị trí 2 thì: $U'_C = E_2 = 12V$.

$\Rightarrow q' = CU'_C = 2.12 = 24\mu C$ và cực dương của C nối với R.

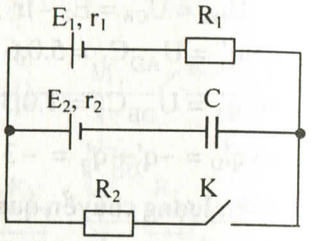
Gọi Δq là điện lượng chuyển qua R, ta có:

$-16 + \Delta q = 24 \Rightarrow \Delta q = 24 + 16 = 40\mu C = 4.10^{-5}C$

Vậy: Điện lượng chuyển qua R là $4.10^{-5}C$.

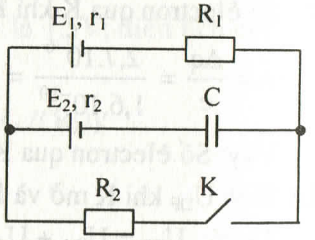
9.61. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 12V$, $E_2 = 6V$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $C = 5\mu F$.

Tìm điện lượng qua E_2 khi K đóng.



Bài giải

- Khi K mở: Dòng điện không chạy được qua tụ C nên:



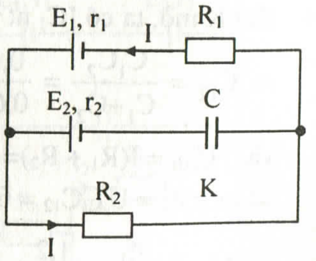
$U_{AB} = E_1 = 12V$

Mà $U_{AB} = E_2 + U_C \Rightarrow U_C = 12 - 6 = 6V$.

Điện tích trên tụ: $q = CU_C = 5.6 = 30\mu C$.

- Khi K đóng, ta có dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E_1}{R_1 + R_2 + r_1} = \frac{12}{2+3+1} = 2A$$



$\Rightarrow U_{AB} = IR_2 = 2.3 = 6V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E_2 + U'_C$

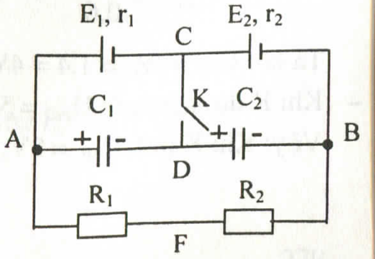
$\Rightarrow U'_C = U_{AB} - E_2 = 6 - 6 = 0$.

Điện tích trên tụ: $q' = CU'_C = 0$.

Vậy: Khi đóng K, điện lượng chuyển qua E_2 là:

$\Delta q = q - q' = 30 - 0 = 30\mu C = 3.10^{-5}C$.

9.62. Cho mạch điện như hình vẽ. $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = 1\Omega$, $r_2 = 2\Omega$, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $C_1 = 0{,}6\mu F$, $C_2 = 0{,}3\mu F$. Ban đầu K mở, sau đó K đóng.



a) Xác định chiều và số lượng êlectrôn qua K khi K đóng.

b) Tính U_{DF} khi K mở và khi K đóng.

Bài giải

a) Xác định chiều và số lượng êlectrôn qua K khi K đóng

– Khi K mở: $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$\Rightarrow q_1 = q_2 \Rightarrow q_D = -q_1 + q_2 = 0.$

– Khi K đóng, ta có dòng điện qua mạch:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{6+3}{4+2+1+2} = 1A$$

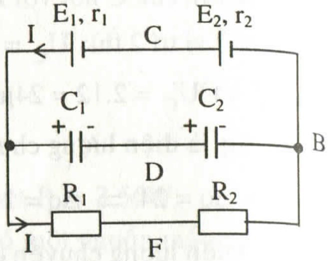
$\Rightarrow U_{AD} = U_{AC} = E_1 - Ir_1 = 6 - 1.1 = 5V.$

$U_{DB} = U_{CB} = E_2 - Ir_2 = 3 - 1.2 = 1V.$

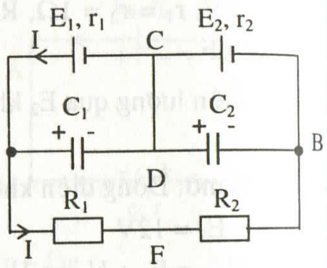
$\Rightarrow q'_1 = U_{AD}C_1 = 5.0,6 = 3\mu C$

và $q'_2 = U_{DB}C_2 = 1.0,3 = 0,3\mu C$

$\Rightarrow q'_D = -q'_1 + q'_2 = -3 + 0,3 = -2,7\mu C$



K mở



K đóng

– Điện lượng chuyển qua khóa K khi K đóng là:

$\Delta q = |-2,7 - 0| = 2,7\mu C = 2,7.10^{-6}C$

– Số êlectron qua K khi K đóng là:

$$n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{2,7.10^{-6}}{1,6.10^{-19}} = 1,6875.10^{13}$$

Vậy: Số êlectron qua K là $n = 1,6875.10^{13}$ và có chiều từ C đến D.

b) Tính U_{DF} khi K mở và khi K đóng

Ta có: $U_{DF} = U_{DA} + U_{AF} = -U_{AD} + U_{AF}$.

– Khi K mở, ta có $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$$\Rightarrow C_{12} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0,6.0,3}{0,6+0,3} = 0,2\mu C$$

và $U_{AB} = I(R_1 + R_2) = 1.(4 + 2) = 6V$

$\Rightarrow q_1 = q_2 = U_{AB}C_{12} = 6.0,2 = 1,2\ \mu C$

$$\Rightarrow U_{C_1} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{1,2}{0,6} = 2V;\ U_{C_2} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{1,2}{0,2} = 6V \Rightarrow U_{AD} = U_{C_1} = 2V$$

Ta có: $U_{AF} = IR_1 = 1.4 = 4V \Rightarrow U_{DF} = -2 + 4 = 2V.$

– Khi K đóng, ta có: $U_{AD} = 5V$ (câu a); $U_{AF} = 4V \Rightarrow U_{DF} = -5 + 4 = -1V.$

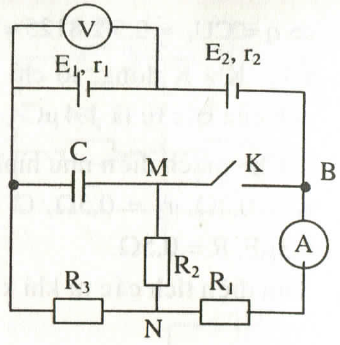
Vậy: Khi K mở, $U_{DF} = 2V$; khi K đóng, $U_{DF} = -1V$.

9.63. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 2E_2 = 3V$; $r_1 = 2r_2 = 2\Omega$; $R_1 = R_3 = 3\Omega$; $R_2 = 6\Omega$; $C = 0,5\mu F$; R_V rất lớn; $R_A = 0$.

Tìm số chỉ của vôn kế, ampe kế và điện tích của các tụ lúc:

a) Ban đầu khi K mở.

b) Sau khi K đóng.



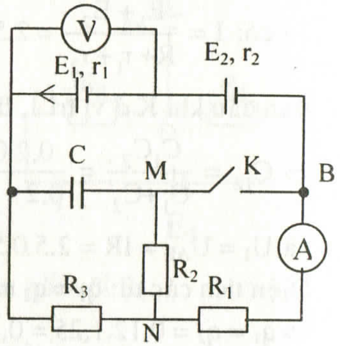
Bài giải

a) Trường hợp ban đầu khi K mở:

Khi K mở, ta có $[R_3 \text{ nt } R_1]$:

- Cường độ dòng điện qua mạch là:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_3 + R_1 + r_1 + r_2} = \frac{3 + \frac{3}{2}}{3 + 3 + 2 + 1} = 0,5A$$



- Số chỉ của vôn kế bằng:

$E_1 - Ir_1 = 3 - 0,5.2 = 2V.$

- Điện tích của tụ: $q = CU_{AM}$

với $U_{AM} = U_{AN} = IR_3 = 0,5.3 = 1,5V \Rightarrow q = 0,5.1,5 = 0,75\ \mu C$.

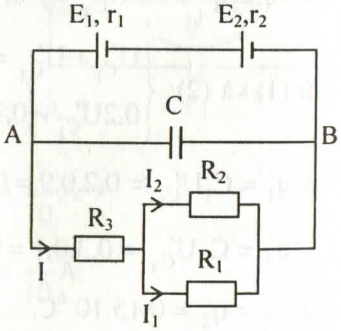
Vậy: Khi K mở, số chỉ ampe kế là 0,5A; số chỉ vôn kế là 1,5V; điện tích của các tụ là $0,75\ \mu C$.

b) Trường hợp sau khi K đóng: Khi K đóng, ta có: $[R_3 \text{ nt } (R_1 // R_2)]$:

- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_3 + \dfrac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \dfrac{3.6}{3+6} = 5\Omega$

- Cường độ dòng điện mạch chính:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2} = \frac{3 + \frac{3}{2}}{5 + 2 + 1} = 0,5625A$$



- Số chỉ của vôn kế bằng:

$E_1 - Ir_1 = 3 - 0,5625.2 = 1,875V.$

- Số chỉ của ampe kế:

$$\text{Ta có: } \begin{cases} I_1 + I_2 = I = 0,5625 \\ I_1R_1 = I_2R_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = 0,5625 \\ 3I_1 = 6I_2 \end{cases}$$

$\Rightarrow I_2 = 0,1875A,\ I_1 = 0,375A \Rightarrow$ số chỉ ampe kế bằng $I_1 = 0,375.A$

- Điện tích của tụ điện:

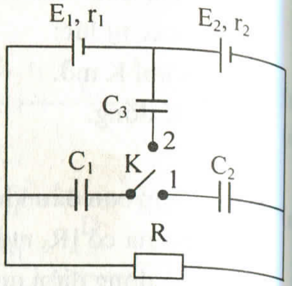
Ta có: $U_C = U_{AB} = IR_{AB} = 0,5625.5 = 2,8125V$

$\Rightarrow q = CU_C = 0,5.2,8125 \approx 1,4\mu C$.

Vậy: Khi K đóng, số chỉ ampe kế là 0,375A; số chỉ vôn kế là 1,875V; điện tích của các tụ là $1,4\,\mu C$.

9.64. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = E_2 = 1,5V$, $r_1 = 0,2\Omega$, $r_2 = 0,5\Omega$, $C_1 = 0,2\mu F$, $C_2 = C_3 = 0,3\mu F$, $R = 0,5\Omega$.

Tìm điện tích các tụ khi khóa K chuyển từ 1 sang 2.



Bài giải

Ta có: $I = \dfrac{E_1 + E_2}{R + r_1 + r_2} = 2,5A$

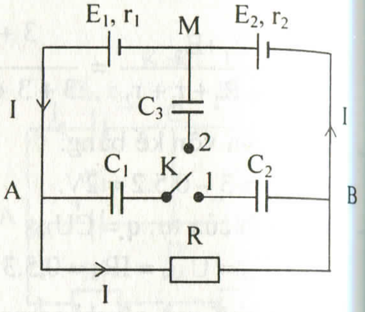
– Ban đầu khi K ở vị trí 1, ta có: $[C_1 \text{ nt } C_2]$:

$\Rightarrow C_{12} = \dfrac{C_1C_2}{C_1+C_2} = \dfrac{0,2.0,3}{0,2+0,3} = 0,12\mu F$

và $U_1 = U_{AB} = IR = 2,5.0,5 = 1,25V$.

Điện tích các tụ: $q_1 = q_2 = C_{12}U_{12}$

$\Rightarrow q_1 = q_2 = 0,12.1,25 = 0,15\,\mu C = 0,15.10^{-6}C$.



– Khi K chuyển sang vị trí 2:

Ta có: $U_{13} = U_{AM} = E_1 - Ir_1 = 1,5 - 2,5.0,2 = 1V$.

$\Rightarrow U'_{C_1} + U'_{C_2} = 1V \qquad (1)$

Mặt khác, theo định luật bảo toàn điện tích, ta có: $q'_1 + q'_3 = -q_1 = -0,15$

$\Leftrightarrow -C_1U'_{C_1} + C_3U'_{C_3} = -0,15$

$\Leftrightarrow -0,2U'_{C_1} + 0,3U'_{C_3} = -0,15 \qquad (2)$

Từ (1) và (2): $\begin{cases} U'_{C_1} + U'_{C_3} = 1 \\ 0,2U'_{C_1} - 0,3U'_{C_3} = 0,15 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U'_{C_1} = 0,9V \\ U'_{C_3} = 0,1V \end{cases}$

$\Rightarrow q'_1 = C_1U'_{C_1} = 0,2.0,9 = 0,18\mu C = 0,18.10^{-6}C$

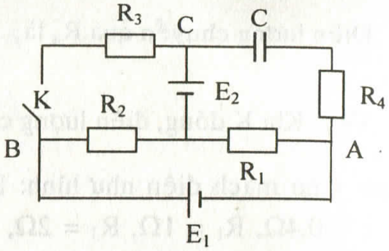
$q'_3 = C_3U'_{C_3} = 0,3.0,1 = 0,03\mu C = 0,03.10^{-6}C$.

và $q'_2 = q_2 = 0,15.10^{-6}C$.

Vậy: Sau khi chuyển K từ vị trí 1 sang 2 thì điện tích của tụ C_2 không đổi và bằng $0,15.10^{-6}C$; còn điện tích của C_1 là $q'_1 = 0,18.10^{-6}C$; của C_3 là $q'_3 = 0,03.10^{-6}C$.

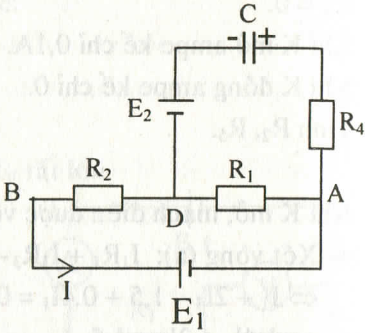
9.65. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 4V$, $E_2 = 1V$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 20\Omega$, $R_3 = 30\Omega$, $r_1 = r_2 = 0$, $C = 1\,\mu F$.

Tính điện lượng qua R_4 khi K đóng.



Bài giải

– Khi K mở, mạch được vẽ lại:



+ Vì dòng điện không qua tụ nên:

$I = \dfrac{E_1}{R_2 + R_1} = \dfrac{4}{20+10} = \dfrac{2}{15}A$

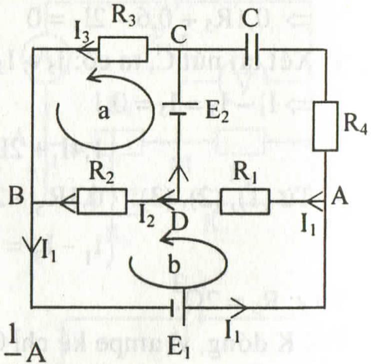
$\Rightarrow U_{DA} = IR_1 = \dfrac{2}{15}.10 = \dfrac{4}{3}V$

+ Mặt khác: $U_{AD} = E_2 + U_C$

$\Rightarrow U_C = U_{AD} - E_2 = \dfrac{4}{3} - 1 = \dfrac{1}{3}V$

$\Rightarrow q = CU_C = 1.\dfrac{1}{3} = \dfrac{1}{3}\mu C$ và bản dương của tụ nối với R_4.

– Khi K đóng, giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ:



+ Xét vòng (a), ta có: $-I_2R_2 - E_2 + I_3R_3 = 0$

$\Leftrightarrow -20I_2 - 1 + 30I_3 = 0$

hay $-20I_2 + 30I_3 = 1 \qquad (1)$

+ Xét vòng (b), ta có: $I_1R_1 + I_2R_2 - E_1 = 0$

$\Leftrightarrow 10I_1 + 20I_2 - 4 = 0$

hay $10I_1 + 20I_2 = 4 \qquad (2)$

+ Tại nút B: $I_3 + I_2 = I_1$

$\Leftrightarrow I_1 - I_2 - I_3 = 0 \qquad (3)$

+ Từ (1), (2), (3): $\begin{cases} -20I_2 + 30I_3 = 1 \\ 10I_1 + 20I_2 = 4 \\ I_1 - I_2 - I_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \dfrac{1}{5}A \\ I_2 = \dfrac{1}{10}A \\ I_3 = \dfrac{1}{10}A \end{cases}$

$\Rightarrow U'_{AD} = I_1R_1 = \dfrac{1}{5}.10 = 2V$

và $U'_{AD} = E_2 + U'_C \Rightarrow U'_C = U'_{AD} - E_2 = 2 - 1 = 1V$.

$\Rightarrow q' = CU'_C = 1.1 = 1\mu C$ và bản dương của tụ nối với R_4.

– Điện lượng chuyển qua R₄ là: $\Delta q = |q' - q| = \left|1 - \dfrac{1}{3}\right| = \dfrac{2}{3}\mu C = \dfrac{2}{3}.10^{-6}$ C.

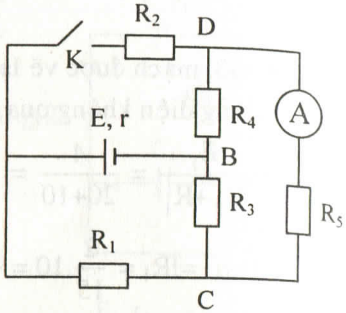
Vậy: Khi K đóng, điện lượng chuyển qua K là $\Delta q = \dfrac{2}{3}.10^{-6}$ C.

9.66. Cho mạch điện như hình: $E = 1,5V$, $r = 0,4\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_3 = 2\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, $R_A = 0$.

Khi K mở ampe kế chỉ 0,1A.

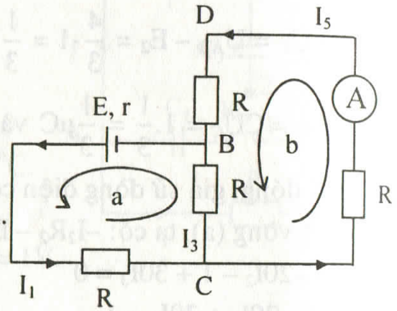
Khi K đóng ampe kế chỉ 0.

Tính R_2, R_5.



Bài giải

– Khi K mở, mạch điện được vẽ lại như sau:



+ Xét vòng (a): $I_1R_1 + I_3R_3 - E + I_1r = 0$

$\Leftrightarrow I_1 + 2I_3 - 1,5 + 0,4I_1 = 0$

$\Leftrightarrow 1,4I_1 + 2I_3 = 1,5$ (1)

+ Xét vòng (b): $I_5R_5 + I_5R_4 - I_3R_3 = 0$

$\Leftrightarrow I_5(R_5 + 6) - 2I_3 = 0$

Với I_5 bằng số chỉ của ampe kế bằng 0,1A.

$\Rightarrow 0,1R_5 + 0,6 - 2I_3 = 0$ (2)

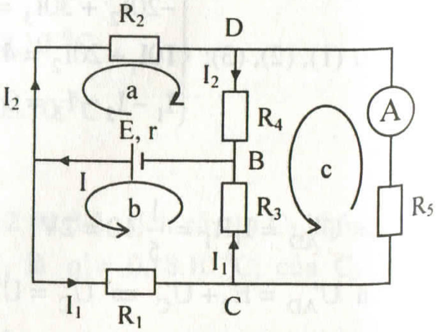
+ Xét tại nút C, ta có: $I_5 + I_3 = I_1$

$\Rightarrow I_1 - I_3 = I_5 = 0,1$ (3)

+ Từ (1), (2), (3): $\begin{cases} 1,4I_1 + 2I_3 = 1,5 \\ 0,1R_5 - 2I_3 = -0,6 \\ I_1 - I_3 = 0,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0,5A \\ I_2 = 0,4A \\ R_5 = 2\Omega \end{cases}$

Vậy: $R_5 = 2\Omega$.

– Khi K đóng, vì ampe kế chỉ 0 nên ta có mạch như hình bên:



+ Xét vòng (a): $I_2R_2 + I_2R_4 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_2(R_2 + 6) - 1,5 + 0,4I = 0$ (4)

+ Xét vòng (b): $I_1R_1 + I_1R_3 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_1(1 + 2) - 1,5 + 0,4I = 0$

$\Leftrightarrow 3I_1 + 0,4I = 1,5$ (5)

+ Xét vòng (c): $I_2R_4 - I_1R_3 = 0$

$\Leftrightarrow 6I_2 - 2I_1 = 0$

$\Leftrightarrow I_1 - 3I_2 = 0$ (6)

+ Tại nút B, ta có: $I_1 + I_2 = I$ (7)

+ Từ (5), (6), (7): $\begin{cases} 3I_1 + 0,4I = 1,5 \\ I_1 - 3I_2 = 0 \\ I_1 + I_2 - I = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \dfrac{45}{106}A \\ I_2 = \dfrac{15}{106}A \\ I = \dfrac{30}{53}A \end{cases}$

+ Thay các giá trị vừa nhận được vào (4), ta được:

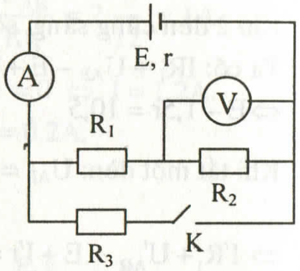
$\dfrac{15}{106}.(R_2 + 6) - 1,5 + 0,4.\dfrac{30}{53} = 0 \Rightarrow R_2 = 3\Omega$.

Vậy: $R_5 = 2\Omega$; $R_2 = 3\Omega$.

9.67. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 2\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.

- Khi K mở, ampe kế chỉ 1,5A, vôn kế chỉ 6V.
- Khi K đóng, chúng chỉ 3A, 4V.

Tính E, r, R_2, R_3.



Bài giải

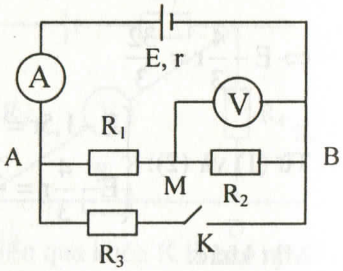
– K mở, ta có mạch điện như hình a:

Ta có: (R_1 nt R_2) $\Rightarrow I_1 = I_2 = I = 1,5A$.

$U_{MB} = I_2R_2 \Rightarrow R_2 = \dfrac{U_{MB}}{I_2} = \dfrac{6}{1,5} = 4\Omega$

Mà $I = \dfrac{E}{R_1 + R_2 + r} \Leftrightarrow 1,5 = \dfrac{E}{2 + 4 + r}$

$\Rightarrow 9 + 1,5r = E$ (1)



– K đóng, ta có mạch điện như hình b:

Ta có: $I'_1 = I'_2 = \dfrac{U'_{MB}}{R_2} = \dfrac{4}{4} = 1A$

$\Rightarrow I'_3 = I' - I'_1 = 3 - 1 = 2A$

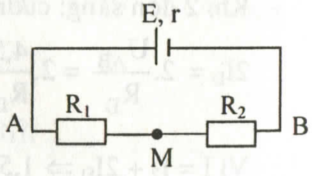
Mặt khác: $U_{AB} = I'_1(R_1 + R_2) = 1.(2 + 4) = 6V$

$\Rightarrow U_{R_3} = U_{AB} = 6V \Rightarrow R_3 = \dfrac{U_{R_3}}{I'_3} = \dfrac{6}{2} = 3\Omega$

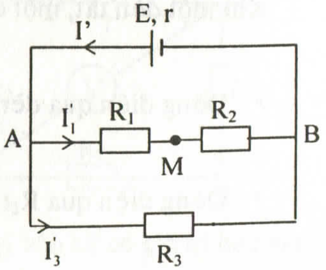
và $U_{AB} = E - Ir \Leftrightarrow 6 = E - 3r$ (2)

– Từ (1) và (2): $\begin{cases} 1,5r - E = -9 \\ 3r - E = -6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = 2\Omega \\ E = 12V \end{cases}$.

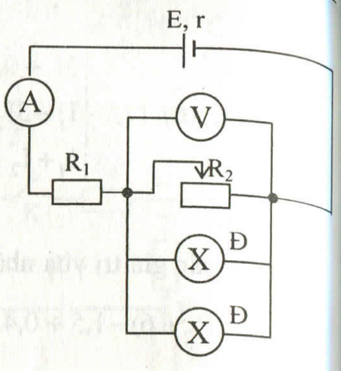
Vậy: $E = 12V$; $r = 2\Omega$; $R_2 = 4\Omega$; $R_3 = 3\Omega$.



Hình a



9.68. Cho mạch điện như hình vẽ: $R_1 = 4\Omega$, $R_A = 0$, R_V rất lớn, hai đèn giống nhau và có hiệu điện thế định mức 6V, R_2 là biến trở. Khi hai đèn cùng sáng, vôn kế chỉ 4,5V, ampe kế chỉ 1,5A. Khi tắt bớt một đèn, chúng chỉ $\frac{16}{3}$ V và $\frac{4}{3}$ A.



a) Tính E, r, R_2 và R của đèn.

b) Tìm R_2 để đèn sáng bình thường.

Bài giải

a) Tính E, r, R_2 và R của đèn

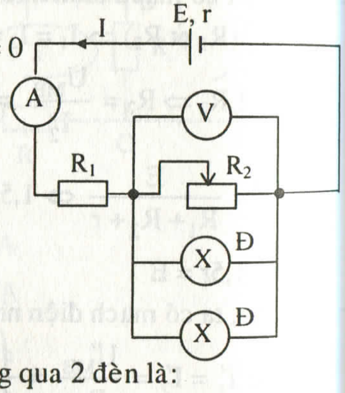
– Khi 2 đèn cùng sáng, số chỉ của vôn kế bằng 4,5V nên $U_{AB} = 4{,}5V$.

Ta có: $IR_1 + U_{AB} - E + Ir = 0 \Leftrightarrow 1{,}5.4 + 4{,}5 - E + 1{,}5r = 0$

$\Leftrightarrow E - 1{,}5r = 10{,}5$ (1)

– Khi tắt một đèn: $U_{AB} = \frac{16}{3}V, I = \frac{4}{3}A$.

$\Rightarrow I'R_1 + U'_{AB} - E + I'r = 0 \Leftrightarrow \frac{4}{3}.4 + \frac{16}{3} - E + \frac{4}{3}r = 0$



$\Leftrightarrow E - \frac{4}{3}r = \frac{32}{3}$ (2)

– Từ (1) và (2): $\begin{cases} E - 1{,}5r = 10{,}5 \\ E - \frac{4}{3}r = \frac{32}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 12V \\ r = 1\Omega \end{cases}$.

– Mặt khác:

+ Khi 2 đèn sáng: cường độ dòng điện tổng cộng qua 2 đèn là:

$$2I_Đ = 2.\frac{U_{AB}}{R_Đ} = 2.\frac{4{,}5}{R_Đ} = \frac{9}{R_Đ} \Rightarrow I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{4{,}5}{R_2}$$

Vì $I = I_2 + 2I_Đ \Rightarrow 1{,}5 = \frac{9}{R_Đ} + \frac{4{,}5}{R_2}$ (3)

+ Khi một đèn tắt, một đèn sáng:

- Dòng điện qua đèn: $I'_Đ = \frac{U'_{AB}}{R_Đ} \Rightarrow I'_Đ = \frac{\frac{16}{3}}{R_Đ} = \frac{16}{3R_Đ}$.
- Dòng điện qua R_2: $I'_2 = \frac{U'_{AB}}{R_2} = \frac{16}{3R_2}$.

Vì $I' = I'_Đ + I'_2 \Rightarrow \frac{4}{3} = \frac{16}{3R_Đ} + \frac{16}{3R_2}$ (4)

– Từ (3) và (4), ta có: $\begin{cases} 1{,}5 = \frac{9}{R_Đ} + \frac{4{,}5}{R_2} \\ \frac{4}{3} = \frac{16}{3R_Đ} + \frac{16}{3R_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_Đ = 12\Omega \\ R_2 = 6\Omega \end{cases}$.

Vậy: $E = 12V; r = 1\Omega; R_2 = 6\Omega; R_Đ = 12\Omega$.

b) Tìm R_2 để đèn sáng bình thường

– Để đèn sáng bình thường thì hiệu điện thế giữa 2 đầu đèn phải bằng hiệu điện thế định mức: $U_{AB} = 6V$.

– Cường độ dòng điện tổng cộng qua 2 đèn: $2I_Đ = 2.\frac{U_{AB}}{R_Đ} = 2.\frac{6}{12} = 1A$.

– Mặt khác: $IR_1 + U_{AB} - E + Ir = 0 \Leftrightarrow 4I + 6 - 12 + I.1 = 0 \Rightarrow I = 1{,}2A$.

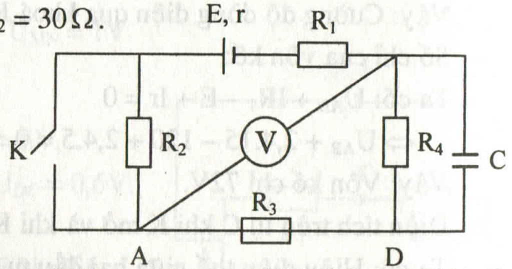
– Cường độ dòng điện qua R_2 là: $I_2 = I - 2I_Đ = 1{,}2 - 1 = 0{,}2A$.

$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{AB}}{I_2} = \frac{6}{0{,}2} = 30\Omega$.

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì $R_2 = 30\Omega$.

9.69. Cho mạch điện như hình vẽ:

$E = 120V$, $r = 5\Omega$, $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = R_4 = 20\Omega$, $C = 0{,}2\mu F$. Khi khóa K mở, vôn kế V chỉ 60V.



a) Khi K đóng vôn kế chỉ bao nhiêu? Cường độ dòng điện qua khóa K là bao nhiêu?

b) Tính điện tích trên tụ C khi K mở và khi K đóng.

Bài giải

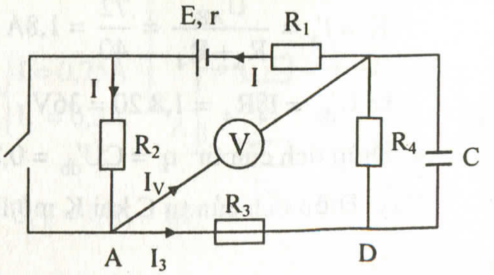
Ta có: Khi K mở:

– Giả sử $R_V = \infty$: mạch ngoài gồm $[R_2$ nt R_3 nt R_4 nt $R_1]$:

$\Rightarrow R_N = R_2 + R_3 + R_4 + R_1$

$\Rightarrow R_N = 15 + 10 + 20 + 20 = 65\Omega$.

$\Rightarrow I = \frac{E}{R_N + r} = \frac{120}{65+5} = \frac{12}{7}$



– Số chỉ của vôn kế:

$U_{AB} = I(R_3 + R_4) = \frac{12}{7}.40 \approx 68{,}57V$.

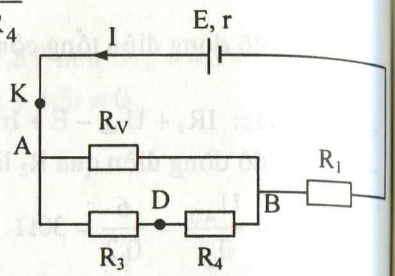
– Mặt khác, theo đề bài: $U_{AB} = 60V$, từ đó suy ra R_V của vôn kế có giá trị hữu hạn.

Ta có: $IR_2 + U_{AB} + IR_1 - E + Ir = 0 \Leftrightarrow 10I + 60 + 15I - 120 + 5I = 0$

$\Rightarrow I = 2A$

- Cường độ dòng điện qua R_{34} là: $I_3 = \dfrac{U_{AB}}{R_{34}} = \dfrac{60}{20+20} = 1{,}5A$.
- Cường độ dòng điện qua R_V là: $I_V = I - I_3 = 2 - 1{,}5 = 0{,}5A$.
- Điện trở của vôn kế là: $R_V = \dfrac{U_{AB}}{I_V} = \dfrac{60}{0{,}5} = 120\Omega$.

a) Số chỉ của vôn kế và dòng điện qua khóa K: Khi K đóng, ta có thể bỏ qua R_2, khi đó mạch được vẽ lại như sau:



- Điện trở mạch ngoài: $R_N = R_1 + \dfrac{R_V(R_3 + R_4)}{R_V + R_3 + R_4}$

$\Rightarrow R_N = 15 + \dfrac{120.(20+20)}{120+20+20} = 45\Omega$

- Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = \dfrac{E}{R_N + r} \Rightarrow I = \dfrac{120}{45+5} = 2{,}4A$

Vậy: Cường độ dòng điện qua khoá K bằng 2,4A.

- Số chỉ của vôn kế:

Ta có: $U_{AB} + IR_1 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow U_{AB} + 2{,}4.15 - 120 + 2{,}4.5 = 0 \Rightarrow U_{AB} = 72V$.

Vậy: Vôn kế chỉ 72V.

b) Điện tích trên tụ C khi K mở và khi K đóng

Ta có: Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ C: $U_C = U_{DB} = U_{R_4}$.

- Khi K mở: $U_{AB} = I_4R_4 = I_3R_4 = 1{,}5.20 = 30V$.

  Điện tích của tụ: $q = CU_{DB} = 0{,}2.30 = 6\mu C$.
- Khi K đóng:
  - + Cường độ dòng điện qua R_{34} là:

    $I'_3 = I'_4 = \dfrac{U_{AB}}{R_3 + R_4} = \dfrac{72}{40} = 1{,}8A$.

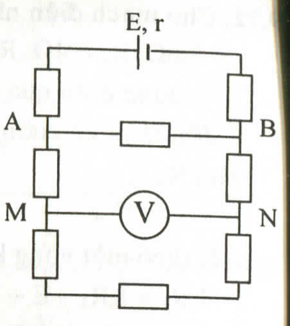
    $\Rightarrow U'_{db} = I'_4R_4 = 1{,}8.20 = 36V$
  - + Điện tích của tụ: $q' = CU'_{db} = 0{,}2.36 = 7{,}2\mu C$.

Vậy: Điện tích của tụ C khi K mở là $6\mu C$; khi K đóng là $72\mu C$.

9.70. Cho mạch điện như hình vẽ: Các điện trở thuần đều có giá trị là R, nguồn E = 15V, r = R.

Biết $U_{AB} = 3V$.

Tìm số chỉ của vôn kế V.



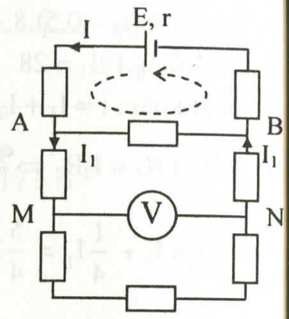
Bài giải

- Xét theo một vòng kín, ta có:

$IR + U_{AB} + IR - E + Ir = 0$

Vì $r = R \Rightarrow 3IR + 3 - 15 = 0$

$\Rightarrow I = \dfrac{4}{R}$ (1)



- Mặt khác: $I_2 = \dfrac{U_{AB}}{R} = \dfrac{3}{R}$ (2)

$\Rightarrow I_1 = I - I_2 = \dfrac{4}{R} - \dfrac{3}{R} = \dfrac{1}{R}$ (3)

và $IR + I_1R + U_{MN} + I_1R + IR - E + Ir = 0$ (với r = R)

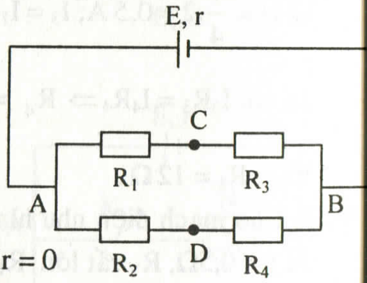
$\Leftrightarrow 3IR + 2I_1R + U_{MN} - E = 0$

$\Leftrightarrow 3.4 + 2.\dfrac{1}{R}.R + U_{MN} - 15 = 0 \Rightarrow U_{MN} = 1V$.

Vậy: Số chỉ của vôn kế là 1V.

9.71. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 6V, $r = 3{,}2\Omega$, $R_1 = 8\Omega$, $R_2 = R_3 = 4\Omega$, $U_{DC} = 0{,}6V$.

Tìm R_4.



Bài giải

- Xét theo một vòng kín, ta có: $I_1(R_1 + R_3) - E + Ir = 0$

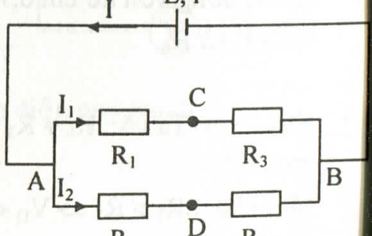
$\Leftrightarrow 12I_1 - 6 + 3{,}2I = 0$ (1)

- Mặt khác: $U_{DC} = U_{DA} + U_{AC} = -U_{AD} + U_{AC}$

$\Leftrightarrow U_{DC} = -I_2R_2 + I_1R_1 = 0{,}6 = -4I_2 + 8I_1$

với $I_2 = I - I_1 \Rightarrow 0{,}6 = -4.(I - I_1) + 8I_1$

$\Leftrightarrow 0{,}6 = -4I + 12I_1$ (2)



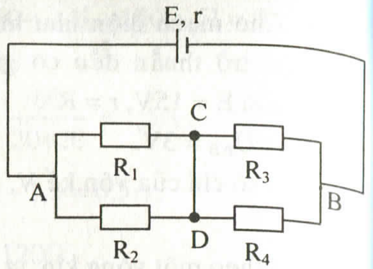
- Từ (1) và (2): $\begin{cases} 3{,}2I + 12I_1 = 6 \\ 4I - 12I_1 = -0{,}6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I = 0{,}75A \\ I_1 = 0{,}3A \end{cases}$

$\Rightarrow I_2 = 0{,}75 - 0{,}3 = 0{,}45A$.

Mặt khác: $U_{DC} = U_{DB} + U_{BC} = U_{DB} - U_{CB} = I_1R_4 - I_1R_3$

$\Leftrightarrow 0{,}6 = 0{,}45R_4 - 0{,}3.4 \Rightarrow R_4 = 4\Omega$.

Vậy: $R_4 = 4\Omega$.

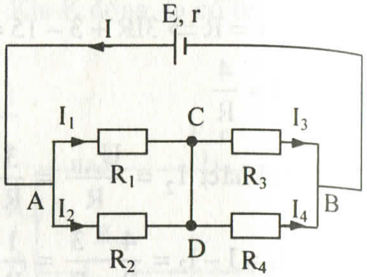


9.72. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 24V, r = 1,6Ω, $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 16\Omega$, $R_3 = 8\Omega$.

Biết dòng điện qua dây CD chạy từ C đến D và có cường độ 0,5A.

Tìm R_4.

Bài giải



– Xét theo một vòng kín, ta có:

$I_1R_1 + I_3R_3 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_1R_1 + (I_1 - 0,5)R_3 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow 4I_1 + (I_1 - 0,5).8 - 24 + 1,6I = 0$

$\Leftrightarrow 1,6I + 12I_1 = 28$ (1)

– Mặt khác: $I = I_1 + I_2$

Mà $I_1R_1 = I_2R_2 \Leftrightarrow 4I_1 = 16I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{1}{4}I_1$

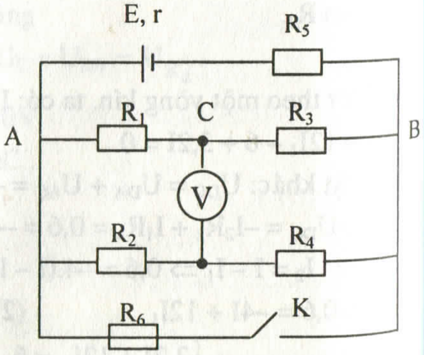
$\Rightarrow I = I_1 + \frac{1}{4}I_1 = \frac{5}{4}I_1$ (2)

– Thay (2) vào (1), ta được: $1,6.\frac{5}{4}I_1 + 12I_1 = 28 \Rightarrow I_1 = 2A$.

và $I_2 = \frac{1}{4}.2 = 0,5$ A; $I_3 = I_1 - 0,5 = 2 - 0,5 = 1,5A$; $I_4 = I_2 + 0,5 = 0,5 + 0,5 = 1A$.

Ta có: $I_3R_3 = I_4R_4 \Rightarrow R_4 = \frac{I_3R_3}{I_4} = \frac{1,5.8}{1} = 12\Omega$.

Vậy: $R_4 = 12\Omega$.



9.73. Cho mạch điện như hình vẽ, trong đó r = 0,5Ω, R_V rất lớn, $R_1 = R_4 = 1\Omega$, $R_2 = R_3 = 3\Omega$, $R_5 = 2,5\Omega$.

– Khi K mở vôn kế chỉ 1,2V.

– Khi K đóng vôn kế chỉ 0,75V.

Tính E và R_6.

Bài giải

* Nhận xét: Ta có: $R_1 + R_3 = R_2 + R_4 = 4\Omega$

$\Rightarrow I_1 = I_2$ (1)

Mặt khác: $R_2 > R_1 \Rightarrow V_D < V_C$ nên số chỉ của vôn kế bằng U_{CD}.

– Khi K mở:

+ Xét theo một vòng kín, ta có: $I_1R_1 + I_1R_3 + IR_5 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_1 + 3I_1 + 2,5I - E + 0,5I = 0 \Leftrightarrow 4I_1 + 3I - E = 0$

$\Rightarrow E = 4I_1 + 3I$ (2)

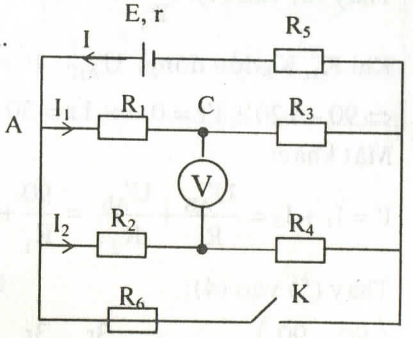
+ Mặt khác: $U_{CD} = U_{CA} + U_{AD} = -I_1R_1 + I_2R_2 = -I_1 + 3I_2$

$\Rightarrow 1,2 = -I_1 + 3I_2$ (3)

+ Thay (1) vào (3): $1,2 = -I_1 + 3I_1 = 2I_1$

$\Rightarrow I_1 = 0,6A$; $I_2 = 0,6A$; $I = I_1 + I_2 = 1,2A$.

+ Từ (2) suy ra: E = 4.0,6 + 3.1,2 = 6V.



– Khi K đóng:

$U'_{CD} = -I'_1R_1 + I'_2R_2 = -I'_1 + 3I'_2$

$\Leftrightarrow 0,75 = -I'_1 + 3I'_2$

Vì $I'_1 = I'_2 \Leftrightarrow 0,75 = -I'_1 + 3I'_1 = 2I'_1$

$\Rightarrow I'_1 = \frac{0,75}{2} = 0,375A$; $I'_2 = 0,375A$.

+ Xét theo một vòng kín, ta có: $I'_1R_1 + I'_2R_3 + I'R_5 - E + I'r = 0$

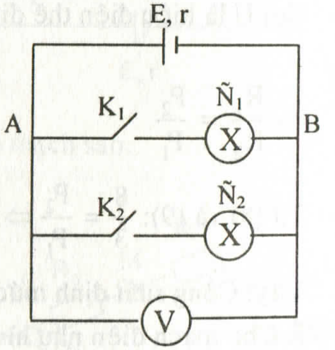
$\Leftrightarrow 0,375.1 + 0,375.3 + 2,5I' - 6 + 0,5I' = 0 \Rightarrow I' = 1,5A$

+ Cường độ dòng điện qua R_6 là:

$I'_3 = I' - (I'_1 + I'_2) = 1,5 - (0,375 + 0,375) = 0,75A$.

+ Mặt khác: $I'_3R_6 = I'_2(R_2 + R_4) \Rightarrow R_6 = \frac{I'_2(R_2 + R_4)}{I'_3} = \frac{0,375.(3 + 1)}{0,75} = 2\Omega$

Vậy: E = 6V; $R_6 = 2\Omega$.



9.74. Cho mạch điện như hình vẽ: Đ₁, Đ₂ có cùng hiệu điện thế định mức, đèn Đ₁ có công suất định mức $P_1 = 60W$.

– Khi K_1, K_2 mở vôn kế chỉ 120V.

– Khi K_1 đóng, K_2 mở vôn kế chỉ 110V.

– Khi K_1, K_2 đều đóng, vôn kế chỉ 90V.

Biết R_V rất lớn.

Tìm công suất định mức của đèn Đ₂.

Bài giải

– Vì R_V rất lớn nên khi K_1, K_2 mở thì không có dòng điện qua mạch:

$\Rightarrow E = U_{AB} = 120V$

– Khi K_1 đóng, K_2 mở, ta có:

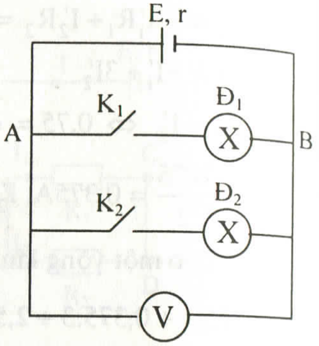
$U_{AB} - E + Ir = 0 \Leftrightarrow 110 - 120 + Ir = 0$

$\Rightarrow Ir = 10$ (1)

- Mặt khác: $I = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{110}{R_1}$ (2)
- Thay (2) vào (1): $\frac{110}{R_1}.r = 10 \Rightarrow \frac{R_1}{r} = 11$ (3)
- Khi K_1, K_2 đều đóng: $U'_{AB} - E + I'r = 0$ (I là dòng điện qua mạch chính).

$\Leftrightarrow 90 - 120 + I'r = 0 \Rightarrow I'r = 30$ (4)

- Mặt khác:



$I' = I_1 + I_2 = \frac{U'_{AB}}{R_1} + \frac{U'_{AB}}{R_2} = \frac{90}{R_1} + \frac{90}{R_2}$ (5)

- Thay (5) vào (4):

$\left(\frac{90}{R_1} + \frac{90}{R_2}\right).r = 30 \Rightarrow \frac{3r}{R_1} + \frac{3r}{R_2} = 1$ (6)

- Thay (3) vào (6): $\frac{3}{11} + \frac{3r}{R_2} = 1 \Leftrightarrow \frac{3r}{R_2} = \frac{8}{11}$

$\Rightarrow \frac{R_2}{r} = \frac{33}{8}$ (7)

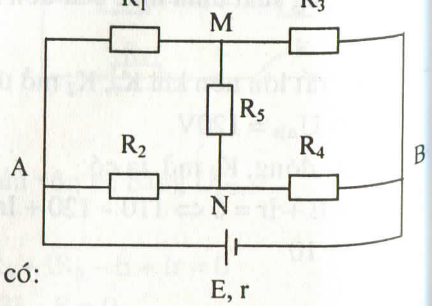
- Từ (3) và (7): $\frac{R_1}{R_2} = \frac{8}{3}$ (8)
- Gọi U là hiệu điện thế định mức của 2 đèn thì: $R_1 = \frac{U^2}{P_1}; R_2 = \frac{U^2}{P_2}$.

$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1}$ (9)

- Từ (8) và (9): $\frac{8}{3} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow P_2 = \frac{8}{3}P_1 = \frac{8}{3}.60 = 160W$.

Vậy: Công suất định mức của đèn $Đ_2$ là 160W.

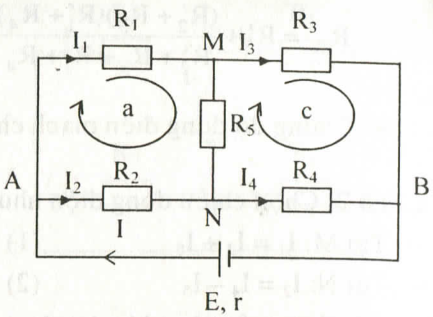
9.75. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 11V, $r = 0,5\Omega$, $R_1 = 1\Omega$, $R_4 = 6\Omega$, $R_5 = 3\Omega$. Cường độ mạch chính I = 4A, cường độ dòng điện qua R_1 là $I_1 = 3A$. Tính R_2, R_3.



Bài giải

Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:

$I = I_1 + I_2 \Rightarrow I_2 = I - I_1 = 4 - 3 = 1A$



Ta có: $U_{AN} + U_{NB} - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_2R_2 + I_4R_4 - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow R_2 + I_4.6 - 11 + 4.0,5 = 0$

$\Leftrightarrow R_2 + 6I_4 = 9$ với $I_4 = I_2 + I_5$

$\Leftrightarrow R_2 + 6.(I_2 + I_5) = 9$

$\Leftrightarrow R_2 + 6.(1 + I_5) = 9$

$\Leftrightarrow R_2 + 6I_5 = 3$ (1)

Mặt khác: $U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} = 0$

$\Leftrightarrow I_1R_1 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0 \Leftrightarrow 3.1 + I_5.3 - 1.R_2 = 0$

$\Leftrightarrow R_2 - 3I_5 = 3$ (2)

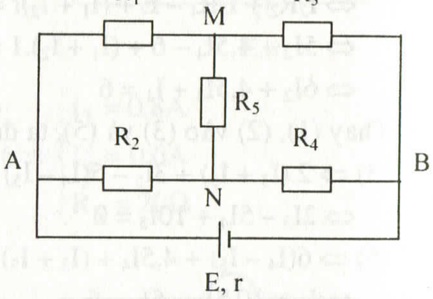
Từ (1) và (2): $\begin{cases} R_2 + 6I_5 = 3 \\ R_2 - 3I_5 = 3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_2 = 3\Omega \\ I_5 = 0 \end{cases}$

Vì $I_5 = 0$, do đó ta có mạch cầu cân bằng:

$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow R_3 = \frac{R_1}{R_2}.R_4 = \frac{1}{3}.6 = 2\Omega$

Vậy: $R_2 = 3\Omega$; $R_3 = 2\Omega$.

9.76. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 6V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 5\Omega$, $R_3 = 2,4\Omega$, $R_4 = 4,5\Omega$, $R_5 = 3\Omega$. Tìm cường độ dòng điện qua mạch chính.



Bài giải

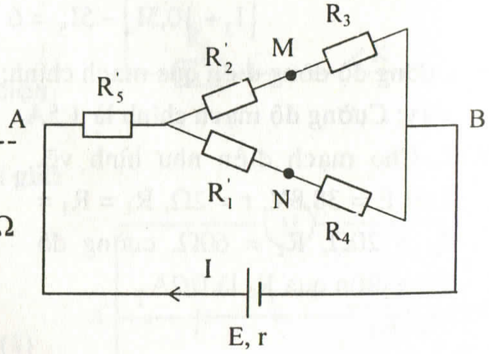
Cách 1: Chúng ta chuyển mạch tam giác AMN thành mạch sao:

Ta có:

$R'_5 = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2 + R_5} = \frac{2.5}{2 + 5 + 3} = 1\Omega$

$R'_2 = \frac{R_5R_1}{R_5 + R_1 + R_2} = \frac{3.2}{3 + 2 + 5} = 0,6$

$R'_1 = \frac{R_2R_5}{R_2 + R_5 + R_1} = \frac{5.3}{5 + 3 + 2} = 1,5\Omega$



Khi đó mạch ngoài gồm:

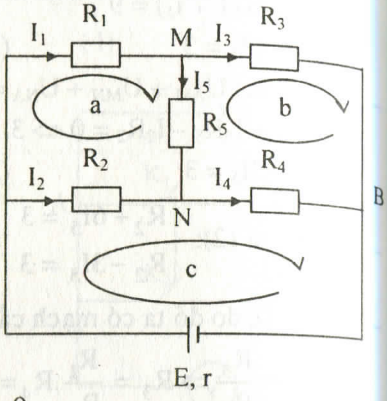
$R'_5 \text{ nt } \left[\left(R'_2 \text{ nt } R_3\right) // \left(R'_1 \text{ nt } R_4\right)\right]$

+ Điện trở mạch ngoài:

$$R_N = R'_5 + \frac{(R'_2+R_3)(R'_1+R_4)}{R'_2+R_3+R_1+R_4} = 1+\frac{(0,6+2,4).(1,5+4,5)}{0,6+2,4+1,5+4,5} = 3\Omega$$

+ Cường độ dòng điện mạch chính: $I = \frac{E}{R_N+r} = \frac{6}{3+1} = 1,5A$

Cách 2: Chọn chiều dòng điện như hình vẽ:



– Tại M: $I_1 = I_3 + I_5$ (1)

– Tại N: $I_2 = I_4 - I_5$ (2)

– Xét theo một vòng kín, ta có:

+ Vòng a: $U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} = 0$

$\Leftrightarrow I_1R_1 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0$

$\Leftrightarrow 2I_1 + 3I_5 - 5I_2 = 0$ (3)

+ Vòng b: $U_{MB} + U_{BN} + U_{NM} = 0$

$\Leftrightarrow I_3R_3 - I_4R_4 - I_5R_5 = 0$

$\Leftrightarrow 2,4I_3 - 4,5I_4 - 3I_5 = 0$ (4)

+ Vòng c: $U_{AB} - E_+ Ir = U_{AN} + U_{NB} - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_2R_2 + I_4R_4 - E + (I_1 + I_2)r = 0$ (vì $I = I_1 + I_2$)

$\Leftrightarrow 5I_2 + 4,5I_4 - 6 + (I_1 + I_2).1 = 0$

$\Leftrightarrow 6I_2 + 4,5I_4 + I_1 = 6$ (5)

– Thay (1), (2) vào (3) và (5), ta được:

(3) $\Rightarrow 2.(I_3 + I_5) + 3I_5 - 5(I_4 - I_5) = 0$

$\Leftrightarrow 2I_3 - 5I_4 + 10I_5 = 0$ (6)

(5) $\Rightarrow 6(I_4 - I_5) + 4,5I_4 + (I_3 + I_5) = 6$

$\Leftrightarrow I_3 + 10,5I_4 - 5I_5 = 6$ (7)

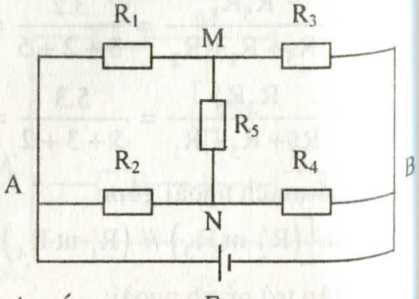
– Từ (4), (6), (7): $\begin{cases} 2,4I_3 - 4,5I_4 - 3I_5 = 0 \\ 2I_3 - 5I_4 + 10I_5 = 0 \\ I_3 + 10,5I_4 - 5I_5 = 6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 1A \\ I_4 = 0,5A \\ I_5 = 0,05A \end{cases}$

– Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_3 + I_4 = 1 + 0,5 = 1,5A$.

Vậy: Cường độ mạch chính là 1,5A.

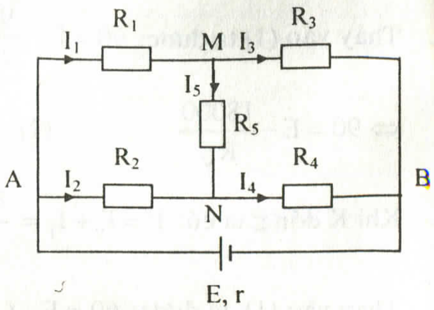
9.77. Cho mạch điện như hình vẽ. Biết $E = 38,8V$, $r = 2\Omega$, $R_1 = R_3 = R_4 = 20\Omega$, $R_2 = 60\Omega$, cường độ dòng điện qua R_5 là 0,2A.

Tìm R_5.



Bài giải

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ, ta có:



Tại M: $I_1 = I_3 + I_5 = I_3 + 0,2$ (1)

Tại N: $I_2 = I_4 - I_5 = I_4 - 0,2$ (2)

Xét theo các vòng kín:

+ Vòng a: $U_{AM} + U_{MN} + U_{NA} = 0$

$\Leftrightarrow I_1R_1 + I_5R_5 - I_2R_2 = 0$

$\Leftrightarrow 20I_1 + 0,2R_5 - 60I_2 = 0$ (3)

+ Vòng b: $U_{MB} + U_{BN} + U_{NM} = 0$

$\Leftrightarrow I_3R_3 - I_4R_4 - I_5R_5 = 0$

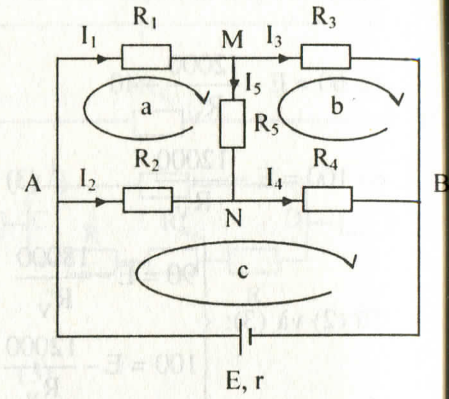
$\Leftrightarrow 20I_3 - 20I_4 - 0,2R_5 = 0$ (4)

+ Vòng c: $U_{AN} + U_{NB} - E + Ir = 0$

$\Leftrightarrow I_2R_2 + I_4R_4 - E + (I_3 + I_4).r = 0$

$\Leftrightarrow 60I_2 + 20I_4 - 38,8 + (I_3 + I_4).2 = 0$

$\Leftrightarrow 60I_2 + 22I_4 + 2I_3 = 38,8$ (5)



– Thay (1) và (2) vào (3) và (5), ta được:

(3) $\Rightarrow 20(I_3 + 0,2) + 0,2R_5 - 60(I_4 - 0,2) = 0$

$\Leftrightarrow 20I_3 - 60I_4 + 0,2R_5 = -16$ (6)

(5) $\Rightarrow 60(I_4 - 0,2) + 22I_4 + 2I_3 = 38,8$

$\Leftrightarrow 2I_3 + 82I_4 = 50,8$ (7)

– Từ (4), (6), (7): $\begin{cases} 20I_3 - 20I_4 - 0,2R_5 = 0 \\ 20I_3 - 60I_4 + 0,2R_5 = -16 \\ 2I_3 + 82I_4 = 50,8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 = 0,8A \\ I_4 = 0,6A \\ R_5 = 20\Omega \end{cases}$

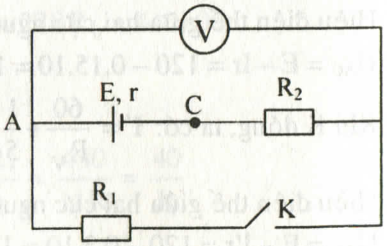
Vậy: $R_5 = 20\Omega$.

9.78. Cho mạch điện như hình vẽ: $r = 10\Omega$, $R_1 = 300\Omega$, $R_2 = 190\Omega$. Khi K mở, vôn kế chỉ 90V; khi K đóng vôn kế chỉ 60V.

Tính:

a) E.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện khi K mở và khi K đóng.



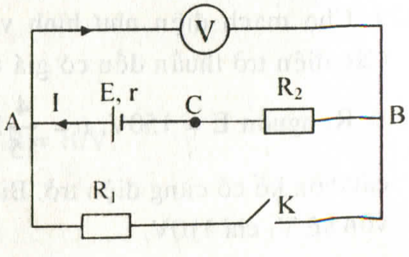
Bài giải

a) Tính E

Gọi R_V là điện trở của vôn kế, khi đó mạch được vẽ lại như sau:

Ta có: $U_{AB} = E - I(R_2 + r)$ (1)

Khi K mở, ta có: $I = I_V = \frac{U_{AB}}{R_V} = \frac{90}{R_V}$.

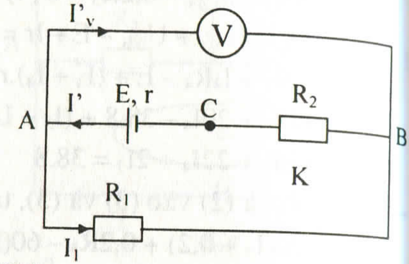


- Thay vào (1) ta được: $90 = E - \frac{90}{R_V}.(190 + 10)$

$$\Leftrightarrow 90 = E - \frac{18000}{R_V} \qquad (2)$$

- Khi K đóng, ta có: $I' = I'_v + I_1 = \frac{U'_{AB}}{R_V} + \frac{U'_{AB}}{R_1} = \frac{60}{R_V} + \frac{60}{300} = \frac{60}{R_V} + \frac{1}{5}$

- Thay vào (1), ta được: $60 = E - (\frac{60}{R_V} + \frac{1}{5}).(190 + 10)$



$$\Leftrightarrow 60 = E - \frac{12000}{R_V} - 40$$

$$\Leftrightarrow 100 = E - \frac{12000}{R_V} \qquad (3)$$

- Từ (2) và (3): $\begin{cases} 90 = E - \frac{18000}{R_V} \\ 100 = E - \frac{12000}{R_V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = 120V \\ R_V = 600\Omega \end{cases}$

Vậy: Suất điện động của nguồn là E = 120V.

b) Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện khi K mở và khi K đóng

- Khi K mở, từ câu a, ta có: $I = I_V = \frac{90}{R_V} = \frac{90}{600} = 0{,}15A$

- Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là:

$U_{AC} = E - Ir = 120 - 0{,}15.10 = 118{,}5V$

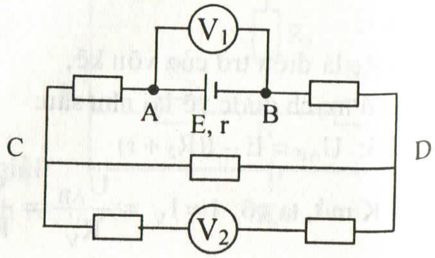
- Khi K đóng, ta có: $I' = \frac{60}{R_V} + \frac{1}{5} = \frac{60}{600} + \frac{1}{5} = 0{,}3A$

- Hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là:

$U_{AC} = E - I'r = 120 - 0{,}3.10 = 117V.$

Vậy: Khi K mở, hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là 118,5V; khi K đóng, hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện là 117V.

9.79. Cho mạch điện như hình vẽ: Các điện trở thuần đều có giá trị là R, nguồn E = 150V, $r = \frac{4}{15}R$, các vôn kế có cùng điện trở. Biết vôn kế V_1 chỉ 110V.



Tìm số chỉ của vôn kế V_2.

Bài giải

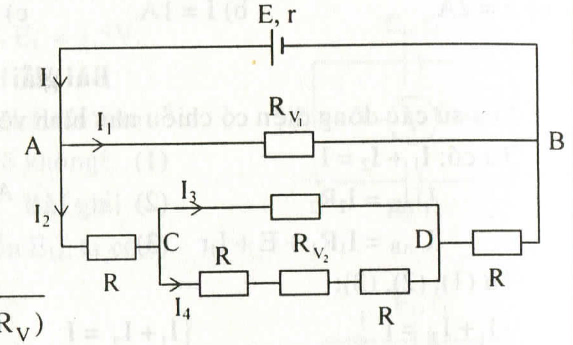
Gọi R_V là điện trở của các vôn kế.

Ta có: $U_{AB} = E - Ir$

$$\Rightarrow I = \frac{E - U_{AB}}{R} = \frac{150 - 110}{\frac{4}{15}R} = \frac{150}{R}. \quad (1)$$

Mặt khác: $U_{AB} = I_1R_V$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_V} = \frac{110}{R_V} \qquad (2)$$



và $I_2 = \frac{U_{AB}}{2R + \frac{R(2R + R_V)}{R + 2R + R_V}}$

$$= \frac{110.(3R + R_V)}{6R^2 + 2RR_V + R(2R + R_V)}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{110.(3R + R_V)}{8R^2 + 3RR_V} \qquad (3)$$

- Ta có: $I_1 + I_2 = I \Leftrightarrow \frac{110}{R_V} + \frac{110.(3R + R_V)}{8R^2 + 3RR_V} = \frac{150}{R}$

$$\Leftrightarrow 880R^2 + 330RR_V + 330RR_V + 110R_V^2 = 1200RR_V + 450R_V^2$$

$$\Leftrightarrow 340R_V^2 + 540RR_V - 880R^2 = 0 \Leftrightarrow 17R_V^2 + 27RR_V - 44 = 0$$

$$\Rightarrow R_V = \frac{-27R + 61R}{2.17} = R \qquad (4)$$

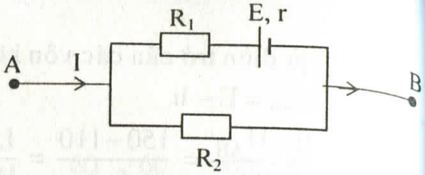
- Thay (4) vào (3), ta được: $I_2 = \frac{110.(3R + R)}{8R^2 + 3R.R} = \frac{440}{11R} = \frac{40}{R}$

- Mặt khác: $\begin{cases} I_3 + I_4 = I_2 \\ I_3.R = I_4.3R \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_3 + I_4 = \frac{40}{R} \\ I_3 = 3I_4 \end{cases}$

$$\Leftrightarrow 3I_4 + I_4 = \frac{40}{R} \Rightarrow I_4 = \frac{10}{R}$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế V_2 bằng $I_4R_V = \frac{10}{R}.R = 10V$.

9.80. Cho mạch điện như hình vẽ, hiệu điện thế U_{AB} luôn dương, dòng điện mạch chính có chiều từ A đến B, $R_1 = 15\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, $E = 20V$, $r = 5\Omega$. Cực của E nối với B có thể là cực dương hoặc âm.

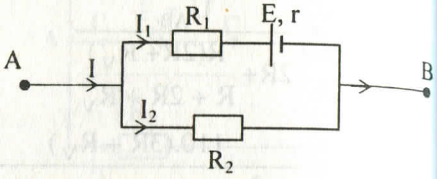


Tính U_{AB}, chiều và cường độ của I_1, I_2 nếu:

a) $I = 2A$. b) $I = 1A$. c) $I = \frac{1}{2}A$. d) $I = \frac{1}{4}A$.

Bài giải

Giả sử các dòng điện có chiều như hình vẽ.



Ta có: $I_1 + I_2 = I$ (1)

$U_{AB} = I_2R_2$ (2)

$U_{AB} = I_1R_1 + E + I_1r$ (3)

Từ (1), (2), (3):

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_2R_2 = I_1(R_1 + r) + E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ (R_1 + r)I_1 - R_2I_2 = -E \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ (15 + 5)I_1 - 40I_2 = -20 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ 20I_1 - 40I_2 = -20 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} I_1 + I_2 = I \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \quad (4)$$

a) Với I = 2A, thay vào hệ (4), ta được:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = 2 \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 1A \\ I_2 = 1A \end{cases} \Rightarrow U_{AB} = I_2R_2 = 1.40 = 40V.$$

Chiều của I_1 và I_2 như đã chọn ban đầu.

b) Với I = 1A, thay vào hệ (4), ta được:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = 1 \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = \frac{1}{3}A \\ I_2 = \frac{2}{3}A \end{cases} \Rightarrow U_{AB} = I_2R_2 = \frac{2}{3}.40 = \frac{80}{3}V$$

Chiều của I_1 và I_2 như đã chọn ban đầu.

c) Với $I = \frac{1}{2}A$, thay vào hệ (4), ta được:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{1}{2} \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = 0 \\ I_2 = \frac{1}{2}A \end{cases} \Rightarrow U_{AB} = I_2R_2 = \frac{1}{2}.40 = 20V$$

Dòng I_1 bị triệt tiêu, dòng I_2 có chiều như đã chọn.

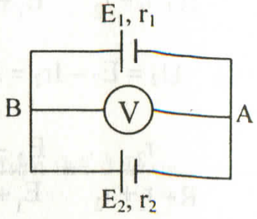
---

d) Với $I = \frac{1}{4}A$, thay vào hệ (4), ta được:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = \frac{1}{4} \\ I_1 - 2I_2 = -1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -\frac{1}{6}A \\ I_2 = \frac{5}{12}A \end{cases} \Rightarrow U_{AB} = I_2R_2 = \frac{5}{12}.40 = \frac{50}{3}V$$

Dòng I_1 có chiều ngược với chiều đã chọn,dòng I_2 cùng chiều với chiều đã chọn.

9.81. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 1,5V$, $E_2 = 2V$, R_V rất lớn, vôn kế chỉ 1,7V. Hỏi khi đảo cực nguồn E_1, vôn kế chỉ bao nhiêu? có cần đảo lại cực vôn kế không?



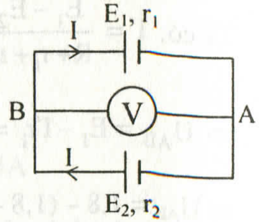
Bài giải

- Ban đầu (khi chưa đảo cực nguồn E_1), ta có:

$U_{BA} = E_1 + Ir_1$ (1)

và $U_{BA} = E_2 - Ir_2$ (2)

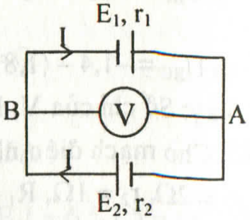
$$\Leftrightarrow E_1 + Ir_1 = E_2 - Ir_2 \Rightarrow I = \frac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2}$$



Từ (2) suy ra: $U_{BA} = E_2 - \frac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2}.r_2$

$$\Leftrightarrow 1,7 = 2 - \frac{2 - 1,5}{r_1 + r_2}.r_2 \Rightarrow \frac{r_2}{r_1 + r_2} = 0,6 \quad (3)$$

- Khi đảo cực nguồn E_1, ta có:



$$I' = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2} \Rightarrow U'_{BA} = E_2 - I'r_2 = E_2 - \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2}.r_2$$

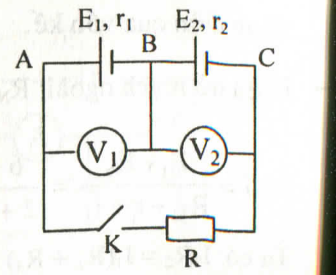
$$\text{Mà } \frac{r_2}{r_1 + r_2} = 0,6 \Rightarrow U'_{BA} = 2 - (2 + 1,5).0,6 = -0,1V$$

Vậy: Số chỉ của vôn kế bằng 0,1V và ta cần phải đảo cực của vôn kế.

9.82. Cho mạch điện như hình vẽ: các vôn kế có điện trở rất lớn.

- Khi K mở, vôn kế V_1 chỉ 1,8V, V_2 chỉ 1,4V.
- Khi K đóng vôn kế V_1 chỉ 1,4V, V_2 chỉ 0,6V.

Hỏi nếu đảo cực của nguồn E_2 thì các vôn kế sẽ chỉ bao nhiêu khi K đóng? Khi này có cần đảo cực vôn kế nào không?

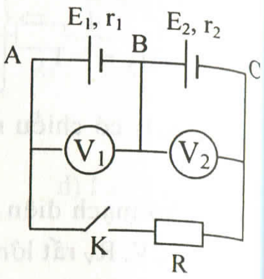


Bài giải

– Vì vôn kế có điện trở rất lớn nên khi K mở thì không có dòng điện qua mạch:

$E_1 = U_1 = 1{,}8V;\ E_2 = U_2 = 1{,}4V$

– Khi K đóng và chưa đảo cực:



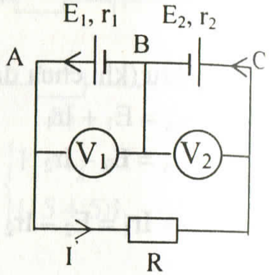
Ta có: $I = \dfrac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow U_1 = E_1 - Ir_1 = E_1 - \dfrac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2}.r_1$

$$\Leftrightarrow \frac{r_1}{R+r_1+r_2} = \frac{E_1-U_1}{E_1+E_2} = \frac{1{,}8-1{,}4}{1{,}8+1{,}4} = 0{,}125$$

và $U_2 = E_2 - Ir_2 = E_2 - \dfrac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2}.r_2$

$$\Rightarrow \frac{r_2}{R+r_1+r_2} = \frac{E_2-U_2}{E_1+E_2} = \frac{1{,}4-0{,}6}{1{,}8+1{,}4} = 0{,}25$$

– Khi K đóng và đảo cực nguồn E_2:



Ta có: $I' = \dfrac{E_1-E_2}{R+r_1+r_2}$

$$\Rightarrow U_{AB} = E_1 - I'r_1 = E_1 - (E_1-E_2).\frac{r_1}{R+r_1+r_2}$$

$\Rightarrow U_{AB} = 1{,}8 - (1{,}8-1{,}4).0{,}125 = 1{,}75V$

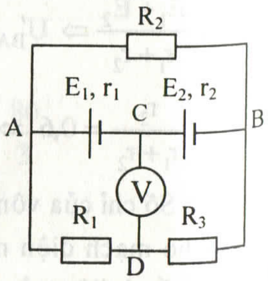
và $U_{BC} = -E_2 - I'r_2 = -E_2 - (E_1-E_2).\dfrac{r_2}{R+r_1+r_2}$

$\Rightarrow U_{BC} = -1{,}4 - (1{,}8-1{,}4).0{,}25 = -1{,}5V.$

Vậy: Số chỉ của V_1 là 1,75V; của V_2 là 1,5V và phải đảo cực V_2.

9.83. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $r_1 = 2\Omega$, $r_2 = 1\Omega$, $R_1 = R_2 = R_3 = 3\Omega$, vôn kế V ($R_V$ rất lớn) chỉ 1,5V.

Tính E_2, công suất và hiệu suất mỗi nguồn.



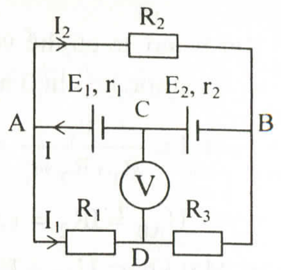
Bài giải

– Vì vôn kế có điện trở rất lớn nên không có dòng điện qua vôn kế.

– Điện trở mạch ngoài: $R_N = \dfrac{R_2(R_1+R_3)}{R_2+R_1+R_3} = \dfrac{3.(3+3)}{3+3+3} = 2\Omega$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1+E_2}{R_N+r_1+r_2} = \frac{6+E_2}{2+2+1} = \frac{6+E_2}{5} \quad (1)$$

Ta có: $I_2R_2 = I_1(R_1+R_3)$



$\Rightarrow 3I_2 = 6I_1 \Rightarrow I_1 = \dfrac{I_2}{2}$

Mà: $I_1 + I_2 = I \Rightarrow I_1 = \dfrac{I}{3} = \dfrac{6+E_2}{15}$

$\Rightarrow I_2 = \dfrac{2I_1}{3} = \dfrac{2.(6+E_2)}{15}$

và $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD}$

$$= E_2 - Ir_2 - I_1R_3 = E_2 - \frac{6+E_2}{5}.1 - \frac{6+E_2}{15}.3$$

$$\Rightarrow U_{CD} = E_2 - \frac{12+2E_2}{5} = \frac{3E_2-12}{5} \quad (2)$$

– Nếu điện thế ở C cao hơn ở D thì $U_{CD} = 1{,}5V$, còn nếu điện thế ở D cao hơn ở C thì $U_{CD} = -1{,}5V$, thay vào (2), ta được 2 trường hợp:

$$\left[\begin{array}{l} 1{,}5 = \dfrac{3E_2-12}{5} \\ -1{,}5 = \dfrac{3E_2-12}{5} \end{array}\right. \Rightarrow \left[\begin{array}{l} E_2 = 6{,}5V \\ E_2 = 1{,}5V \end{array}\right.$$

+ Với $E_2 = 1{,}5V$, thay vào (1), ta được: $I = \dfrac{6+1{,}5}{5} = 1{,}5A$

- Công suất của mỗi nguồn: $P_1 = E_1I = 6.1{,}5 = 9W$; $P_2 = E_2I = 1{,}5.1{,}5 = 2{,}25W$.
- Hiệu suất của mỗi nguồn:

$$H_1 = 1 - \frac{Ir_1}{E_1} = 1 - \frac{2.1{,}5}{6} = 50\%;\ H_2 = 1 - \frac{Ir_2}{E_2} = 1 - \frac{1{,}5.1}{1{,}5} = 0.$$

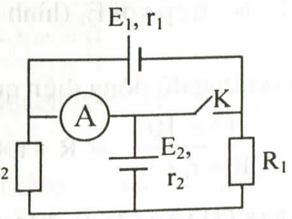
+ Với $E_2 = 6{,}5V$, thay vào (1), ta được: $I = \dfrac{6+6{,}5}{5} = 2{,}5A$

- Công suất của mỗi nguồn: $P_1 = E_1I = 6.2{,}5 = 15W$; $P_2 = E_2I = 6{,}5.2{,}5 = 16{,}25W$.
- Hiệu suất của mỗi nguồn:

$$H_1 = 1 - \frac{Ir_1}{E_1} = 1 - \frac{2{,}5.2}{6} = 16{,}67\%;\ H_2 = 1 - \frac{Ir_2}{E_2} = 1 - \frac{2{,}5.1}{6{,}5} = 61{,}54\%.$$

9.84. Cho mạch điện như hình vẽ:

$E_1 = 9V$, $r_1 = 1\Omega$, $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_A = 0$.



– Khi K mở, ampe kế chỉ 0.

– Khi K đóng, ampe kế chỉ 8,4A.

Tìm E_2, r_2.

Bài giải

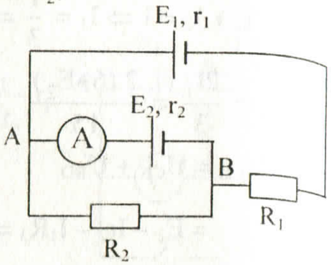
– Khi K mở, ta có thể vẽ lại mạch như sau:

+ Vì ampe kế chỉ 0 nên không có dòng qua nguồn E_2:

$$\Rightarrow I = \frac{E_1}{R_1+R_2+r_1} = \frac{9}{2+6+1} = 1A$$

$$\Rightarrow U_{AB} = IR_2 = 1.6 = 6V$$

+ Mặt khác: $U_{AB} = E_2 \Rightarrow E_2 = 6V$.



– Khi K đóng, ta có thể vẽ lại mạch như sau:

+ Ta có: $U_{AC} = E_1 - Ir_1 \Leftrightarrow 0 = E_1 - Ir_1$

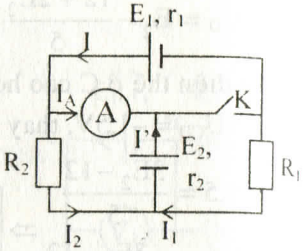
$$\Rightarrow I = \frac{E_1}{r_1} = \frac{9}{1} = 9A$$

$$\Rightarrow I_2 = I - I_A = 9 - 8{,}4 = 0{,}6A.$$

$$\Rightarrow U_{AB} = I_2R_2 = 0{,}6.6 = 3{,}6V.$$

+ Vì A và C có thể chập lại với nhau nên:

$$U_{CB} = U_{AB} = 3{,}6V \Rightarrow I_1 = \frac{U_{CB}}{R_1} = \frac{3{,}6}{2} = 1{,}8A$$



+ Cường độ dòng điện qua nguồn E_2 là: $I' = I_1 + I_2 = 1{,}8 + 0{,}6 = 2{,}4A$.

+ Ta lại có: $U_{AB} = E_2 - I'r_2 \Rightarrow r_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{I'} = \frac{6-3{,}6}{2{,}4} = 1\Omega$

Vậy: $E_2 = 6V$, $r_2 = 1\Omega$.

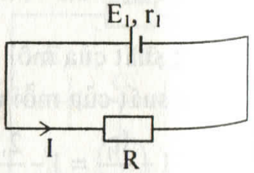
9.85. Điện trở R mắc vào nguồn ($E_1 = 15V$, r_1) sẽ có dòng điện 1A đi qua. Dùng thêm nguồn ($E_2 = 10V$, r_2) mắc song song hoặc nối tiếp với nguồn trước, cường độ dòng điện qua R không đổi. Tìm R, r_1, r_2.

Bài giải

– Khi chỉ có nguồn E_1 (hình a):

Ta có: $I = \frac{E_1}{R+r_1} \Leftrightarrow 1 = \frac{15}{R+r_1}$

$\Rightarrow R + r_1 = 15\Omega$ (1)



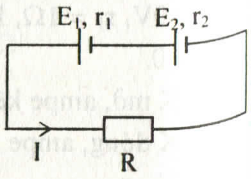
Hình a

– Khi E_2 nối tiếp với E_1 (hình b), ta có: $I = \frac{E_1+E_2}{R+r_1+r_2}$

+ Vì cường độ dòng điện qua R không đổi nên:

$1 = \frac{15+10}{R+r_1+r_2} \Rightarrow R + r_1 + r_2 = 25$ (2)

+ Thay (1) vào (2), ta được: $15 + r_2 = 25 \Rightarrow r_2 = 10\Omega$.



Hình b

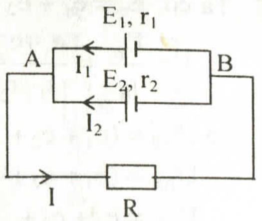
– Khi E_2 song song với E_1 (hình c), ta có:

$U_{AB} = E_1 - I_1r_1$ (3)

$U_{AB} = E_2 - I_2r_2$ (4)

$U_{AB} = IR$ (5)

$I_1 + I_2 = I = 1$ (6)



Hình c

+ Thay (5) vào (3): $IR = E_1 - I_1r_1$

$\Rightarrow 1.R = 15 - I_1r_1$ (7)

+ Thay (1) vào (7): $15 - r_1 = 15 - I_1r_1 \Rightarrow r_1 = I_1r_1 \Rightarrow I_1 = 1A$.

+ Từ (6) suy ra: $1 + I_2 = 1 \Rightarrow I_2 = 0$.

+ Kết hợp (4) và (5): $1.R = E_2 \Rightarrow R = E_2 = 10\Omega$.

+ Từ (1) suy ra: $r_1 = 15 - 10 = 5\Omega$.

Vậy: $R = 10\Omega$; $r_1 = 5\Omega$; $r_2 = 10\Omega$.

9.86. Một số nguồn điện như nhau (mỗi nguồn có suất điện động e, điện trở trong r) mắc nối tiếp thành mạch kín, điện trở các dây nối không đáng kể.

a) Tính hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch.

b) Hỏi như trên nhưng e các nguồn khác nhau còn r mỗi nguồn tỉ lệ thuận với e của nguồn đó.

c) Hỏi như câu a nhưng số nguồn là chẵn và hai nguồn ở cạnh nhau có các cực cùng tên nối với nhau.

Có n bộ nguồn khác nhau mắc song song.

Hãy chứng minh bộ nguồn này tương đương với một nguồn (E,r) có:

$$\frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \dots + \frac{E_n}{r_n} \text{ và } \frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

Bài giải

a) Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch

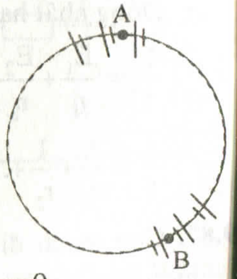
- Giả sử có n nguồn mắc nối tiếp tạo thành mạch kín như hình vẽ:

- Ta tìm hiệu điện thế giữa hai điểm A, B bất kì:

Ta có: $E_b = ne$; $r_b = nr \Rightarrow I = \frac{E_b}{r_b} = \frac{ne}{nr} = \frac{e}{r}$

- Giả sử trong đoạn AB có m nguồn nối tiếp:

$$U_{AB} = me - I(mr) \Rightarrow U_{AB} = me - \frac{e}{r}.(mr) = me - me = 0$$



Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trong mạch là $U_{AB} = 0$.

b) Trường hợp suất điện động các nguồn khác nhau

Vì điện trở của mỗi nguồn tỉ lệ thuận với suất điện động của nguồn đó, nên nếu ta gọi k là hệ số tỉ lệ thì: $e_i = kr_i$

Ta có: $E_b = e_1 + e_2 + \ldots\ldots + e_n$; $R_b = r_1 + r_2 + \ldots\ldots + r_n$

$$\Rightarrow I = \frac{E_b}{r_b} = \frac{e_1+e_2+\ldots+e_n}{r_1+r_2+\ldots+r_n} = \frac{kr_1+kr_2+\ldots+kr_n}{r_1+r_2+\ldots+r_n} = k$$

$$\Rightarrow U_{AB} = (e_1 + e_2 + \ldots + e_m) - I(r_1 + r_2 + \ldots + r_m)$$

$$U_{AB} = (e_1 + e_2 + \ldots + e_m) - k(r_1 + r_2 + \ldots + r_m)$$

$$U_{AB} = e_1 + e_2 + \ldots + e_m - e_1 - e_2 - \ldots - e_m = 0$$

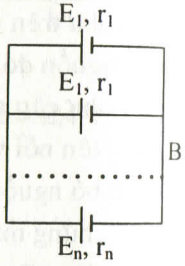
Vậy: Trường hợp suất điện động các nguồn khác nhau thì $U_{AB} = 0$.

c) Trường hợp số nguồn là chẵn và hai nguồn ở cạnh nhau có các cực cùng tên nối với nhau

- Các nguồn có cùng suất điện động nên khi hai nguồn gần nhau có các cực cùng tên nối với nhau thì suất điện động của bộ hai nguồn đó sẽ triệt tiêu.
- Vì số nguồn là chẵn nên suất điện động của bộ nguồn sẽ bằng $0 \Rightarrow I = 0$.

Do đó, hiệu điện thế giữa hai điểm mà số nguồn giữa hai điểm đó là chẵn thì sẽ bằng 0, còn nếu số nguồn giữa hai điểm đó là lẻ thì sẽ bằng suất điện động của một nguồn e.

- Trường hợp n nguồn khác nhau mắc song song:



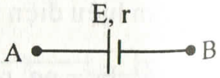
Hình a

+ Với hình a: $I = I_1 + I_2 + \ldots\ldots + I_n$

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 - U_{AB}}{r_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2} + \ldots\ldots + \frac{E_n - U_{AB}}{r_n}$$

$$\Rightarrow I = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \ldots + \frac{E_n}{r_n}\right) - U_{AB}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots + \frac{1}{r_n}\right) \quad (1)$$

+ Với hình b: $I = \dfrac{E - U_{AB}}{r} = \dfrac{E}{r} - \dfrac{U_{AB}}{r}$ (2)



Hình b

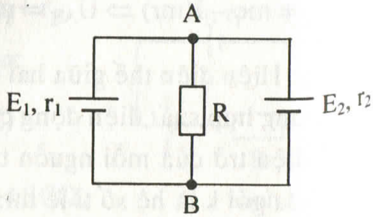
+ Từ (1) và (2): $\dfrac{E}{r} - \dfrac{U_{AB}}{r} = \left(\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2} + \ldots + \dfrac{E_n}{r_n}\right) - U_{AB}\left(\dfrac{1}{r_1} + \dfrac{1}{r_2} + \ldots + \dfrac{1}{r_n}\right)$

+ Đồng nhất hai vế, ta được:

$$\frac{E}{r} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + \ldots + \frac{E_n}{r_n}$$

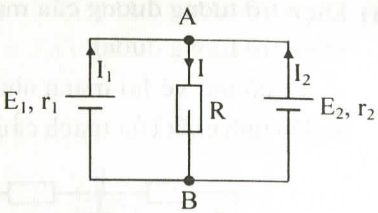
$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \ldots\ldots + \frac{1}{r_n}$$

9.87. Cho mạch điện như hình vẽ. Tìm biểu thức tính U_{AB}. Khi nào E_2 là: Máy phát? Máy thu? Không phát, không thu?



Bài giải

Áp dụng công thức:



$$\frac{E_b}{r_b} = \frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} \Rightarrow E_b = \left(\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}\right).r_b$$

$$\frac{1}{r_b} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \Rightarrow r_b = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$$

Ta có: $U_{AB} = IR = \dfrac{E_b}{R+r_b}.R = \dfrac{\left(\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2}\right)r_b.R}{R+r_b}$

$$\Leftrightarrow U_{AB} = \frac{\left(\dfrac{E_1}{r_1} + \dfrac{E_2}{r_2}\right).\dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.R}{R + \dfrac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}} = \frac{(E_1 r_2 + E_2 r_1).R}{Rr_1 + Rr_2 + r_1 r_2}$$

- E_2 là máy phát khi dòng $I_2 > 0$ (cùng chiều đã chọn):

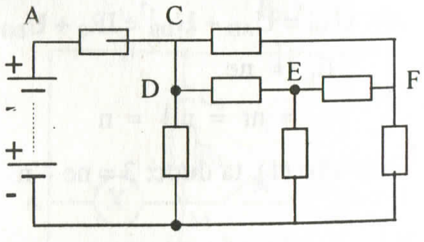
Ta có: $U_{AB} = E_2 - I_2 r_2 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_2 > 0 \Leftrightarrow E_2 - U_{AB} > 0 \Rightarrow E_2 > U_{AB}$.

- E_2 là máy thu khi $I_2 < 0$ (ngược chiều đã chọn): $E_2 < U_{AB}$.
- E_2 không thu, không phát khi: $I_2 = 0 \Rightarrow E_2 = U_{AB}$.

Vậy: $U_{AB} = \dfrac{(E_1 r_2 + E_2 r_1).R}{Rr_1 + Rr_2 + r_1 r_2}$; để E_2 là máy phát thì $E_2 > U_{AB}$; để E_2 là máy thu thì $E_2 < U_{AB}$; để E_2 không phát, không thu thì $E_2 = U_{AB}$.

9.88. Cho mạch điện như hình vẽ. Tất cả các điện trở của mạch ngoài đều giống nhau và bằng $R_0 = 2\Omega$, bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có suất điện động e và điện trở trong $r = 1\Omega$. Bỏ qua điện trở các dây nối.



a) Tính điện trở tương đương của mạch ngoài và cường độ dòng điện nguồn, biết rằng cường [illegible] dòng điện qua nhánh DB bằng 0,5A.

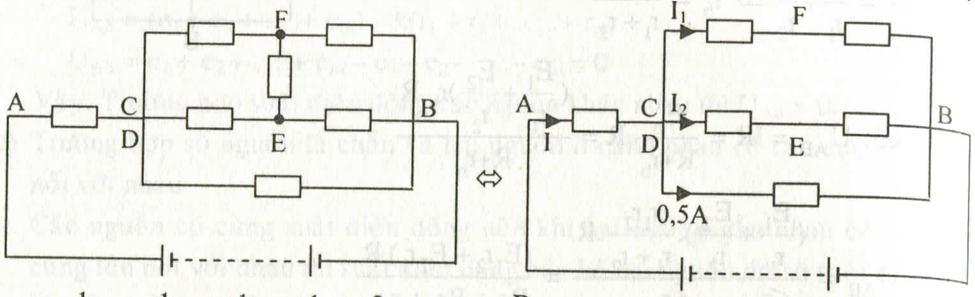
b) Nếu n pin mắc song song với nhau thì cường độ dòng điện qua nhánh DB bằng 0,3A. Tìm số pin n và suất điện động e của mỗi pin.

c) Mắc lại bộ nguồn thành hai nhánh, một nhánh gồm một pin, nhánh thứ hai gồm các pin còn lại mắc nối tiếp, cực dương của các nhánh quay về cùng một phía. Tìm cường độ dòng điện qua nhánh AC và các nhánh của bộ nguồn.

Bài giải

a) Điện trở tương đương của mạch ngoài và cường độ dòng điện qua bộ nguồn

- Điện trở tương đương:
  + Ta có thể vẽ lại mạch như sau (hình a):
  + Do tính chất của mạch cầu nên mạch trên tương đương với mạch sau (hình b):



$$\Rightarrow \frac{1}{R'} = \frac{1}{2R_0} + \frac{1}{2R_0} + \frac{1}{R_0} = \frac{2}{R_0} \Rightarrow R' = \frac{R_0}{2}$$

$$\Rightarrow R_N = R_0 + R' = R_0 + \frac{R_0}{2} = \frac{3R_0}{2} = 3\Omega$$

- Cường độ dòng điện qua bộ nguồn

  Ta có: $I_{DB} = 0,5A \Rightarrow U_{DB} = 0,5R_0 = 0,5.2 = 1V$.

$$\Rightarrow I_1 = \frac{U_{DB}}{2R_0} = \frac{1}{2.2} = 0,25A \text{ và } I_2 = \frac{U_{DB}}{2R_0} = \frac{1}{2.2} = 0,25A$$

$$\Rightarrow I = 0,5 + I_1 + I_2 = 0,5 + 0,25 + 0,25 = 1A.$$

Vậy: Điện trở tương đương của mạch là $R_N = 3\Omega$; cường độ dòng điện qua bộ nguồn là $I = 1A$.

b) Số pin n và suất điện động e của mỗi pin

- Trường hợp n pin mắc nối tiếp ở câu a, ta có: $U_{AB} = E_b - Ir_b$ (1)

  với $U_{AB} = U_{AD} + U_{DB} = IR_0 + U_{DB} = 1.2 + 1 = 3V$.

  và $\begin{cases} E_b = ne \\ r_b = nr = n.1 = n \end{cases}$

  Thay vào (1), ta được: $3 = ne - n$ (2)

- Khi n nguồn mắc song song, ta có: $\begin{cases} E'_b = e \\ r'_b = \dfrac{r}{n} = \dfrac{1}{n} \end{cases}$

  + Mặt khác: $I_{DB} = 0,3A \Rightarrow U_{DB} = 0,3.R_0 = 0,3.2 = 0,6V$

$$\Rightarrow I'_1 = \frac{0,6}{2R_0} = \frac{0,6}{2.2} = 0,15A; I'_2 = \frac{0,6}{2R_0} = \frac{0,6}{2.2} = 0,15A$$

  + Cường độ dòng điện qua bộ nguồn:

$$I' = 0,3 + I'_1 + I'_2 = 0,3 + 0,15 + 0,15 = 0,6A$$

$$\Rightarrow U'_{AB} = U'_{AD} + U'_{DB} = I'R_0 + 0,6 = 0,6.2 + 0,6 = 1,8V.$$

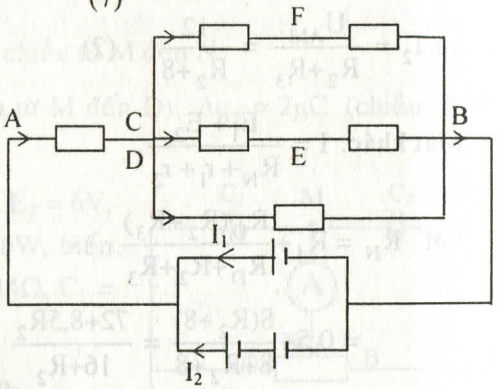
  + Mặt khác: $U'_{AB} = E'_b - I'r'_b \Rightarrow 1,8 = e - 0,6.\frac{1}{n}$ (3)

  + Từ (2) và (3): $\begin{cases} 3 = ne - n \\ 1,8 = e - \dfrac{0,6}{n} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} ne - n = 3 \\ ne - 1,8n = 0,6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = 3 \\ e = 2V \end{cases}$

Vậy: Số pin là n = 3, suất điện động của mỗi pin là e = 2V.

c) Cường độ dòng điện qua nhánh AC và các nhánh của bộ nguồn

Mạch bây giờ có thể được vẽ lại như sau:



- Ta có: $U_{AB} = IR_N = 3I$ (4)

  và $U_{AB} = E_1 - I_1r_1 = 2 - I_1$ (5)

  $U_{AB} = E_2 - I_2r_2 = 2.2 - I_2.2 = 4 - 2I_2$ (6)

  với $I = I_1 + I_2$ (7)

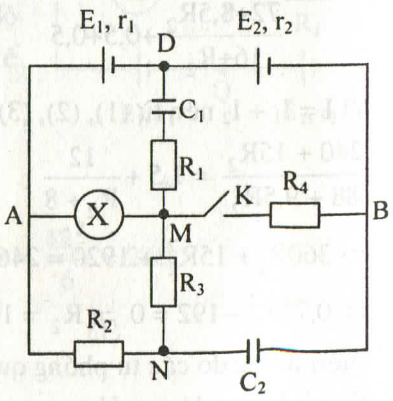
- Từ (4), (5), (6), (7):

$$\begin{cases} 3I = 2 - I_1 \\ 3I = 4 - 2I_2 \\ I = I_1 + I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_1 = -0,18A \\ I_2 = 0,91A \\ I = 0,73A \end{cases}$$

Vậy : $-I_{AC} = I = 0,73A$.

- Dòng điện qua nhánh gồm 1 pin là $I_1 = 0,18A$, chiều ngược với chiều đã chọn.
- Dòng điện qua nhánh còn lại là $I_2 = 0,91A$.

9.89. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 9V$, $r_1 = r_2 = 0,5\Omega$, $R_1 = R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 0,5\Omega$, $C_1 = 0,5\mu F$, $C_2 = 0,2\mu F$, đèn Đ: 12V – 18W.



a) Ban đầu K mở và khi chưa mắc các nguồn, cả hai tụ đều chưa tích điện. Tính điện tích các tụ.

b) K đóng, đèn Đ sáng bình thường. Tính R_2 và điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3 và nói rõ chiều chuyển động của các êlectrôn.

Bài giải

a) Điện tích các tụ: Khi K mở không có dòng điện qua mạch:

Ta có: $U_{C_1} = U_{MD} = E_1 = 6V$

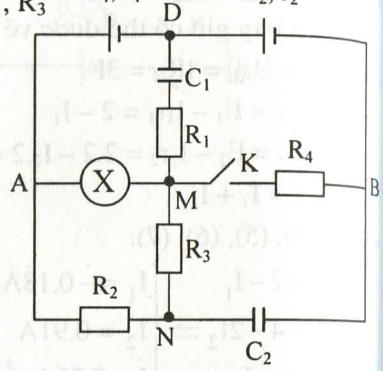
$\Rightarrow q_1 = C_1U_{C_1} = 0,5.6 = 3\mu C$ và cực dương của tụ nối với R_1.

và $U_{C_2} = U_{NB} = U_{ND} + U_{DB} = U_{C_1} + E_2 = 6+9 = 15V$

$\Rightarrow q_2 = C_2U_{C_2} = 0,2.15 = 3\mu C$ và cực dương của C_2 nối với N.

Vậy: $q_1 = 3\,\mu C$; $q_2 = 3\,\mu C$.

b) Tính R_2 và điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3



– Khi K đóng, đèn sáng bình thường:

Ta có: $U_{AM} = U_Đ = 12V$

$$I_1 = \frac{P_{đm}}{U_{đm}} = \frac{18}{12} = 1,5A \qquad (1)$$

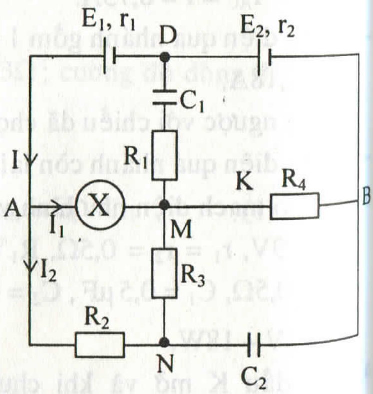
và $$I_2 = \frac{U_{AM}}{R_2+R_3} = \frac{12}{R_2+8} \qquad (2)$$

Mặt khác: $$I = \frac{E_1+E_2}{R_N+r_1+r_2}$$

với $$R_N = R_4 + \frac{R_Đ(R_2+R_3)}{R_Đ+R_2+R_3}$$

$$= 0,5 + \frac{8(R_2+8)}{8+R_2+8} = \frac{72+8,5R_2}{16+R_2}$$

$$\Rightarrow I = \frac{6+9}{\dfrac{72+8,5R_2}{16+R_2}+0,5+0,5} = \frac{240+15R_2}{88+9,5R_2} \quad (3)$$



Vì $I = I_1 + I_2$ nên từ (1), (2), (3) ta có:

$$\frac{240+15R_2}{88+9,5R_2} = 1,5 + \frac{12}{R_2+8}.$$

$\Leftrightarrow 360R_2 + 15R_2^2 + 1920 = 246R_2 + 14,25R_2^2 + 1056 + 1056 + 114R_2$

$\Leftrightarrow 0,75R_2^2 - 192 = 0 \Rightarrow R_2 = 16\Omega$

– Điện lượng do các tụ phóng qua R_1, R_3:

Ta có: $U_{MD} = U_{MA} + U_{AD}$

với $U_{MA} = -U_{AM} = -U_Đ = -12V$; $U_{AD} = E_1 - Ir_1$

Mà $$I = \frac{240+15.16}{88+9,5.16} = 2A$$

$\Rightarrow U_{AD} = 6 - 2.0,5 = 5V$; $U_{MD} = -12 + 5 = -7V$.

$\Rightarrow U_{DM} = 7V$.

$\Rightarrow q_1 = C_1U_{DM} = 0,5.7 = 3,5\,\mu C$.

Bây giờ cực âm của tụ nối với R_1 thì điện lượng chuyển qua R_1 là:

$\Delta q_1 = |-q_1' - q_1| = |-3,5 - 3| = 6,5\mu C$ và chiều từ M đến D.

Với tụ C_2: $U_{C_2} = U_{NB} = U_{NM} + U_{MB} = U_{R_3} + U_{R_4}$

với $U_{R_3} = I_3R_3 = I_2R_3$ (Vì $I_3 = I_2$)

$I_2 = I - I_1 = 2 - 1,5 = 0,5A$.

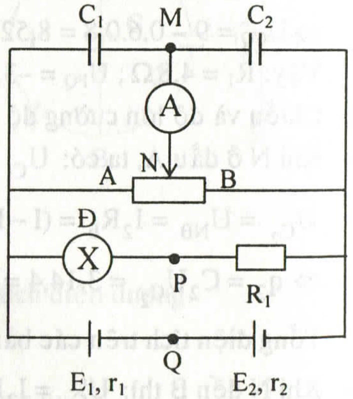
$\Rightarrow U_{R_3} = 0,5.8 = 4V$; $U_{R_4} = IR_4 = 2.0,5 = 1V$; $U_{C_2} = 4+1 = 5V$.

$\Rightarrow q_2' = C_2U_{C_2} = 0,2.5 = 1\mu C$ và cực dương nối với điểm N.

$\Rightarrow \Delta q_2 = |q_2' - q_2| = |1 - 3| = 2\mu C$ và chiều từ M đến N.

Vậy: $R_2 = 16\Omega$; $\Delta q_1 = 6,5\mu C$ (chiều từ M đến D); $\Delta q_2 = 2\mu C$ (chiều từ M đến N).

9.90. Cho mạch điện như hình: $E_1 = 9V$, $E_2 = 6V$, $r_1 = 0,8\Omega$, $r_2 = 0,2\Omega$, đèn Đ: 12V – 6W, biến trở R_b có giá trị thay đổi từ 0 đến 144Ω, $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 3\,\mu F$.



a) Đèn sáng bình thường. Tính R_1 và U_{PQ}.

b) Cho N di chuyển đều từ đầu A đến đầu B của biến trở trong thời gian t = 5s. Tìm chiều và độ lớn cường độ dòng điện tức thời qua ampe kế trong thời gian trên.

Bài giải

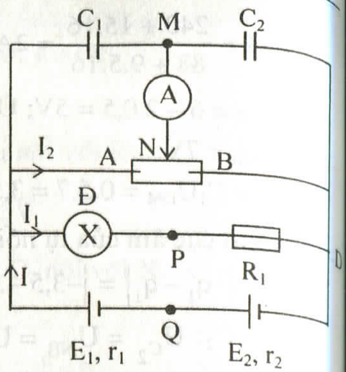
a) Tính R_1 và U_{PQ}

Ta có: $I_{đm} = \dfrac{P_{đm}}{U_{đm}} = \dfrac{6}{12} = 0,5A$; $R_Đ = \dfrac{U_{đm}^2}{P_{đm}} = \dfrac{12^2}{6} = 24\Omega$

Vì đèn sáng bình thường nên: $I_1 = I_{đm} = 0,5A \qquad (1)$

$U_Đ = U_{đm} = 12V$

Ta lại có: $$I_2 = \frac{I_1(R_Đ + R_1)}{R_b} = \frac{0,5.(24+R_1)}{144} \qquad (2)$$



và $I = \dfrac{E_1 + E_2}{R_N + r_1 + r_2}$

với: $R_N = \dfrac{R_b(R_Đ + R_1)}{R_b + R_Đ + R_1}$

$= \dfrac{144.(24 + R_1)}{144 + 24 + R_1} = \dfrac{144.(24 + R_1)}{168 + R_1}$

$\Rightarrow I = \dfrac{9 + 6}{\dfrac{144(24 + R_1)}{168 + R_1} + 0,8 + 0,2} = \dfrac{15.(168 + R_1)}{3624 + 145R_1}$

Vì $I = I_1 + I_2 \Leftrightarrow \dfrac{15.(168 + R_1)}{3624 + 145R_1} = 0,5 + \dfrac{0,5.(24 + R_1)}{144}$

$\Leftrightarrow 362880 + 2160R_1 = 260928 + 10440R_1 + 43488 + 1812R_1 + 1740R_1 + 72,5R_1^2$

$\Leftrightarrow 72,5R_1^2 + 11832R_1 - 58464 = 0 \Rightarrow R_1 = 4,8\Omega$

- Tìm U_{PQ}: Ta có: $U_{PQ} = U_{PC} + U_{CQ,}$ với $U_{PC} = -U_Đ = -12V$; $U_{CQ} = E_1 - Ir_1$

  $I = \dfrac{15.(168 + 4,8)}{3624 + 145.4,8} = 0,6A$

  $\Rightarrow U_{CQ} = 9 - 0,6.0,8 = 8,52V \Rightarrow U_{PQ} = -12 + 8,52 = -3,48V.$

  Vậy: $R_1 = 4,8\,\Omega$; $U_{PQ} = -3,84V.$

b) Chiều và độ lớn cường độ dòng điện tức thời qua ampe kế

- Khi N ở đầu A, ta có: $U_{C_1} = U_{AN} = 0 \Rightarrow q_1 = 0.$

  $U_{C_2} = U_{NB} = I_2R_b = (I - I_1).R_b = (0,6 - 0,5).144 = 14,4V$

  $\Rightarrow q_2 = C_2U_{C_2} = 3.14,4 = 43,2\mu C$

  Tổng điện tích trên các bản tụ nối với điểm M là: $Q = q_1 + q_2 = 43,2\,\mu C$.

- Khi N đến B thì: $U'_{C_1} = I_2R_b = 14,4V \Rightarrow q'_1 = C_1U'_{C_1} = 2.14,4 = 28,8\mu C$.

  và $U'_{C_2} = 0 \Rightarrow q'_2 = 0$

  Tổng điện tích trên các bản tụ nối với M là: $Q' = q'_1 + q'_2 = 28,8\mu C$

- Điện lượng chuyển qua ampe kế là: $\Delta q = |Q' - Q| = |28,8 - 43,2| = 14,4\mu C$.

- Cường độ dòng điện qua ampe kế là: $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = \dfrac{14,4}{5} = 2,88\mu A$.

  Vậy: Dòng điện tức thời có chiều từ M đến N và có độ lớn $I = 2,88\,\mu A$.

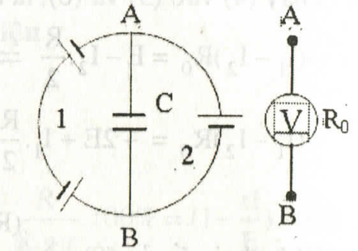
9.91. Một dây đồng chất, tiết diện không đổi, có điện trở R, được uốn thành đường tròn và chia thành ba phần bằng nhau bởi ba pin. Mỗi pin có suất điện động E và điện trở trong không đáng kể, các pin mắc cùng chiều.

a) Giữa hai điểm xuyên tâm đối A, B người ta mắc bằng dây nối không điện trở một tụ điện điện dung C. Tính điện tích của tụ. Bản nào tích điện dương?

b) Thay tụ điện bằng một vôn kế có điện trở R_0. Tính:

- Cường độ dòng điện qua vôn kế và số chỉ của vôn kế.
- Cường độ dòng điện qua hai nửa đường tròn 1 và 2.

c) Sử dụng kết quả câu b tìm lại kết quả câu a (giữa A và B là tụ).



Bài giải

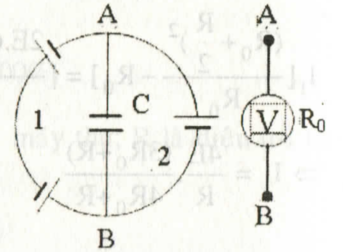
a) Điện tích của tụ

Ta có: $I = \dfrac{E_1 + E_2 + E_3}{R} = \dfrac{3E}{R}$

$\Rightarrow U_{AB} = E_3 - I.\dfrac{R}{2} = E - \dfrac{3E}{R}.\dfrac{R}{2} = -\dfrac{E}{2}$

$\Rightarrow U_C = U_{BA} = -U_{AB} = \dfrac{E}{2}$

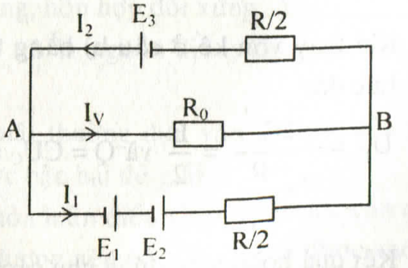
$\Rightarrow q = CU_C = \dfrac{CE}{2}$ và bản dương nối với B.



Vậy: Điện tích của tụ là $q = \dfrac{CE}{2}$, bản nối với B tích điện dương.

b) Cường độ dòng điện

- Khi thay tụ bằng vôn kế ta có thể vẽ lại mạch như sau:



Ta có: $U_{AB} = -I_VR_0$ (1)

$U_{AB} = E - I_2.\dfrac{R}{2}$ (2)

$U_{AB} = -2E + I_1.\dfrac{R}{2}$ (3)

$I_1 = I_V + I_2$ (4)

- Thay (1) vào (2) và (3), ta được:

$$-I_VR_0 = E - I_2.\frac{R}{2} \qquad (5)$$

$$-I_VR_0 = 2E + I_1.\frac{R}{2} \qquad (6)$$

– Thay (4) vào (5) và (6), ta được:

$$-(I_1 - I_2)R_0 = E - I_2.\frac{R}{2} \Rightarrow I_2(R_0 + \frac{R}{2}) - I_1R_0 = E \quad (7)$$

$$-(I_1 - I_2)R_0 = -2E + I_1.\frac{R}{2} \Rightarrow I_2R_0 - I_1(R_0 + \frac{R}{2}) = -2E \qquad (8)$$

– Nhân hai vế của (8) với $\dfrac{(R_0+\frac{R}{2})}{R_0}$ ta được:

$$I_2(R_0+\frac{R}{2}) - I_1\frac{(R_0+\frac{R}{2})^2}{R_0} = -2E\frac{(R_0+\frac{R}{2})}{R_0} \qquad (9)$$

– Lấy (7) trừ (9) theo vế:

$$I_1[\frac{(R_0+\frac{R}{2})^2}{R_0} - R_0] = [\frac{2E.(R_0+\frac{R}{2})}{R_0} + 1].E \Rightarrow I_1(RR_0 + \frac{R^2}{4}) = (R + 3R_0)E$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{4E}{R}.\frac{(3R_0+R)}{4R_0+R} \qquad (10)$$

– Thay vào (7), ta được: $I_2 = \dfrac{2E}{R}.\dfrac{6R_0+R}{4R_0+R}$ (11)

Thay (10) vào (6), ta được: $-I_VR_0 = -2E + \dfrac{4E}{R}.\dfrac{3R_0+R}{4R_0+R} = -\dfrac{2ER_0}{4R_0+R}$

$$\Rightarrow I_V = \frac{2E}{4R_0+R} \Rightarrow U_{BA} = I_0R_0 = \frac{2ER_0}{4R_0+R} = \frac{2E}{4+\frac{R}{R_0}}.$$

c) Khi thay vôn kế ở câu b) bằng tụ như câu a) thì $U_V \to U_C$; $R_0 \to R_C = \infty$.

Lúc đó:

$$U_C = \frac{2E}{4+\frac{R}{R_C}} = \frac{E}{2} \text{ và } Q = CU_C = \frac{CE}{2}$$

Kết quả hoàn toàn đúng như cách giải ở câu a).

Chuyên đề 10:

CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ MÁY THU ĐIỆN

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. Công, công suất và hiệu suất của nguồn điện

– Công của nguồn điện: $A = EIt$.

– Công suất của nguồn điện: $P = \dfrac{A}{t} = EI$.

– Hiệu suất của nguồn điện: $H\% = \dfrac{U}{E}.100\% = \dfrac{R}{R+r}.100\% = (1 - \dfrac{rI}{E}).100\%$.

(E, r là suất điện động và điện trở trong của nguồn; R là điện trở mạch ngoài).

2. Công, công suất và hiệu suất của máy thu điện

– Công tiêu thụ của máy thu điện: $A' = UIt = E'It + r'I^2t$.

– Công suất tiêu thụ của máy thu điện: $P' = \dfrac{A'}{t} = UI = E'I + r'I^2$.

– Hiệu suất của máy thu điện:

$$H'\% = \frac{E'}{U}.100\% = \frac{E'}{E'+r'I}.100\% = (1 - \frac{r'I}{U}).100\%$$

(E', r' là suất phản điện và điện trở trong của máy thu; R là điện trở mạch ngoài).

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Để giải các bài tập về công, công suất, hiệu suất của nguồn điện và máy thu cần chú ý:

+ Các công thức tính công, công suất, hiệu suất của nguồn điện và máy thu. Nhớ rằng các điện trở (điện trở, bóng đèn, bàn là, bếp điện...) cũng là máy thu điện: máy thu chỉ tỏa nhiệt.

+ Phối hợp với các công thức định luật Ôm đã biết, các công thức về bộ nguồn mắc với nhau (nối tiếp, song song, hỗn hợp đối xứng...).

+ Với acquy khi phát điện thì đóng vai trò là nguồn điện; khi nạp điện thì đóng vai trò là máy thu điện.

– Đối với các bài toán cực trị của công suất thường dựa vào hệ quả của bất đẳng thức Cô-si như đã biết hoặc tam thức bậc hai để giải.

– Với bài toán tìm số nguồn hoặc số đèn thỏa mãn điều kiện cho trước cần chú ý là số đèn hoặc số nguồn phải nguyên, dương nên nếu giá trị tìm được không nguyên thì ta chọn các giá trị nguyên lân cận, lập luận và chọn giá trị đúng.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ CÔNG, CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ MÁY THU ĐIỆN

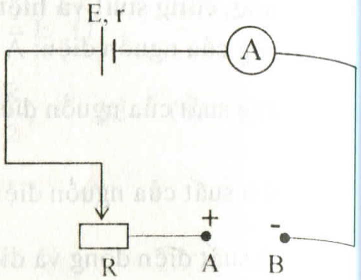
10.1. Hình bên là sơ đồ nạp điện cho acquy (E,r) bằng nguồn hiệu điện thế $U_{AB} = 2,4V$. Biết $E = 2,1V$, $I_A = 2A$, $R_A = 0$, $R = 0,1\Omega$.

a) Tính r.

b) Dung lượng của acquy là 10Ah (36000C), tính thời gian nạp và năng lượng cung cấp của nguồn.

c) Tính nhiệt lượng tỏa ra trong suốt thời gian nạp.

d) Tính phần điện năng biến thành hóa năng trong thời gian nạp.



Bài giải

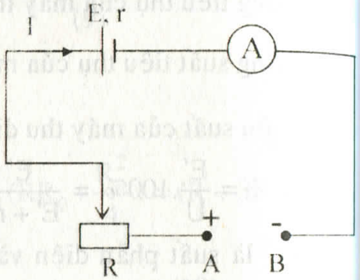
a) Tính r

Cường độ dòng điện trong mạch:

$$I = \frac{U-E}{R+r} \Rightarrow R + r = \frac{U-E}{I}$$

$$\Rightarrow r = \frac{U-E}{I} - R = \frac{2,4-2,1}{2} - 0,1 = 0,05\Omega$$

Vậy: $r = 0,05\,\Omega$.



b) Thời gian nạp và năng lượng cung cấp của nguồn

Thời gian nạp ac quy: $t = \frac{q}{I} = \frac{36000}{2} = 18000s = 5h$.

Năng lượng cung cấp của nguồn: $A = UIt = 2,4.2.18000 = 86400J = 86,4kJ$

Vậy: Thời gian nạp acquy là 5h; năng lượng cung cấp của nguồn là $A = 86,4kJ$.

c) Nhiệt lượng toả ra trong thời gian nạp

Ta có: $Q = RI^2t = (0,1 + 0,05).2^2.18000 = 10800J = 10,8kJ$.

Vậy: Nhiệt lượng toả ra trong thời gian nạp là $Q = 10,8kJ$.

d) Phần điện năng biến thành hoá năng

Ta có: $A' = A - Q = 86,4 - 10,8 = 75,6kJ$.

Vậy: Phần điện năng biến thành hoá năng trong thời gian nạp là $A' = 75,6kJ$.

10.2. Tính điện năng mà dòng điện cung cấp cho đoạn mạch AB và nhiệt lượng tỏa ra trên đoạn mạch trong thời gian 10 phút trong các trường hợp sau:

a) Đoạn mạch có một điện trở R, cường độ dòng điện qua R là 2A, hiệu điện thế hai đầu là 8V.

b) Đoạn mạch có một acquy 6V đang được nạp bằng dòng điện 2A. Hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch là 8V.

c) Đoạn mạch chứa một nguồn suất điện động 12V đang phát điện, dòng điện trong đoạn mạch chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{AB} = 8V$.

d) Đoạn mạch chứa nguồn 12V đang phát điện, dòng điện chạy từ A đến B có độ lớn bằng 2A và $U_{BA} = 8V$.

Trong mỗi trường hợp hãy giải thích sự chênh lệch giữa điện năng tiêu thụ và nhiệt lượng tỏa ra trong đoạn mạch.

Bài giải

a) Trường hợp đoạn mạch có một điện trở R

Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8.2.600 = 9600J$.

Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch: $Q = A = 9600J$.

b) Trường hợp đoạn mạch có một acquy 6V đang được nạp điện

Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8.2.600 = 9600J$.

Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch: $Q = (U - U')It = (8 - 6).2.600 = 2400J$.

c) Trường hợp đoạn mạch chứa một nguồn điện đang phát điện

Điện năng mà dòng điện cung cấp: $A = UIt = 8.2.600 = 9600J$.

Nhiệt lượng toả ra trên đoạn mạch:

Ta có: $U = E - rI \Rightarrow r = \frac{E-U}{I} = \frac{12-8}{2} = 2\Omega \Rightarrow Q = rI^2t = 2.2^2.600 = 4800J$.

10.3. Acquy có $r = 0,08\Omega$. Khi dòng điện qua acquy là 4A, nó cung cấp cho mạch ngoài một công suất bằng 8W.

Hỏi khi dòng điện qua acquy là 6A, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất bao nhiêu?

Bài giải

Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI$.

Công suất cung cấp cho mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I$.

+ Với $I = 4A \Rightarrow P = (E - 0,08.4).4 = 8 \Rightarrow E = 2,32V$.

+ Với $I' = 6A \Rightarrow P' = (2,32 - 0,08.6).6 = 11,04W$.

Vậy: Khi dòng điện qua acquy là 6A, nó cung cấp cho mạch ngoài công suất là $P' = 11,04W$.

10.4. Điện trở $R = 8\Omega$ mắc vào 2 cực một acquy có điện trở trong $r = 1\Omega$. Sau đó người ta mắc thêm điện trở R song song với điện trở cũ.

Hỏi công suất mạch ngoài tăng hay giảm bao nhiêu lần?

Bài giải

Cường độ dòng điện ban đầu trong mạch: $I_1 = \frac{E}{R+r}$.

Công suất mạch ngoài: $P_1 = RI_1^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2}$.

Cường độ dòng điện sau khi mắc thêm R: $I_2 = \dfrac{E}{\dfrac{R}{2}+r} = \dfrac{2E}{R+2r}$.

Công suất mạch ngoài: $P_2 = \dfrac{R}{2}I_2^2 = \dfrac{R}{2}.\dfrac{4E^2}{(R+2r)^2}$

$$\Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{2RE^2}{(R+2r)^2}.\frac{(R+r)^2}{RE^2} = \frac{2(R+r)^2}{(R+2r)^2} = \frac{2.(8+1)^2}{(8+2)^2} = 1,62$$

Vậy: Công suất mạch ngoài tăng lên 1,62 lần.

10.5. Điện trở $R = 25\Omega$ mắc vào bộ nguồn là 2 acquy giống nhau, điện trở trong mỗi acquy là $r = 10\Omega$.

Hỏi trong hai trường hợp acquy nối tiếp, song song, công suất mạch ngoài ở trường hợp nào lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu lần?

Bài giải

– Nếu 2 acquy mắc nối tiếp: $E_1 = 2E$, $r_1 = 2r$.

+ Cường độ dòng điện trong mạch: $I_1 = \dfrac{E_1}{R+r_1} = \dfrac{2E}{R+2r}$.

+ Công suất mạch ngoài: $P_1 = RI_1^2 = R.\dfrac{4E^2}{(R+2r)^2}$

– Nếu 2 ac quy mắc song song: $E_2 = E$, $r_2 = \dfrac{r}{2}$.

+ Cường độ dòng điện trong mạch: $I_2 = \dfrac{E_2}{R+r_2} = \dfrac{E}{R+\dfrac{r}{2}} = \dfrac{2E}{2R+r}$.

+ Công suất mạch ngoài: $P_2 = RI_2^2 = R.\dfrac{4E^2}{(2R+r)^2}$.

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{4E^2R}{(R+2r)^2}.\frac{(2R+r)^2}{4E^2R} = \frac{(2R+r)^2}{(R+2r)^2} = \frac{(2.25+10)^2}{(25+2.10)^2} = \frac{16}{9}.$$

Vậy: Công suất mạch ngoài trong trường hợp 2 acquy mắc nối tiếp lớn hơn $\dfrac{16}{9}$ lần công suất mạch ngoài trong trường hợp 2 acquy mắc song song.

10.6. Acquy (E,r) khi có dòng $I_1 = 15A$ đi qua, công suất mạch ngoài là $P_1 = 135W$, khi $I_2 = 6A$, $P_2 = 64,8W$. Tìm E, r.

Bài giải

Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI$.

Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI).I = EI - rI^2$.

Ta có: $\begin{cases}135 = E.15 - r.15^2\\ 64,8 = E.6 - r.6^2\end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases}15E - 25r = 135\\ 6E - 36r = 64,8\end{cases} \Rightarrow E = 12V;\ r = 0,2\Omega.$

Vậy: $E = 12V$; $r = 0,2\Omega$.

10.7. Nguồn $E = 6V$, $r = 2\Omega$ cung cấp cho điện trở mạch ngoài công suất $P = 4W$.

a) Tìm R.

b) Giả sử lúc đầu mạch ngoài là điện trở $R_1 = 0,5\Omega$. Mắc thêm vào mạch ngoài điện trở R_2 thì công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi. Hỏi R_2 nối tiếp hay song song R_1 và có giá trị bao nhiêu?

Bài giải

a) Tìm R

Công suất mạch ngoài: $P = UI = (E - rI)I = EI - rI^2$

$$\Leftrightarrow 4 = 6I - 2I^2 \Leftrightarrow I^2 - 3I + 2 = 0 \Rightarrow \left[\begin{array}{l}I = 2A\\ I = 1A\end{array}\right.$$

Mặt khác: $P = RI^2 \Rightarrow R = \dfrac{P}{I^2}$.

+ Với $I = 2A \Rightarrow R = \dfrac{4}{2^2} = 1\Omega$.

+ Với $I = 1A \Rightarrow R = \dfrac{4}{1^2} = 4\Omega$

Vậy: $R = 4\Omega$ hoặc $R = 1\Omega$.

b) Cách mắc R_2 với R_1

Công suất tiêu thụ mạch ngoài:

$$P = RI^2 = R(\frac{E}{R+r})^2 = \frac{E^2}{(\dfrac{R}{\sqrt{R}} + \dfrac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R} + \dfrac{r}{\sqrt{R}})^2}$$

Gọi R_3 là điện trở tương đương của R_1 và R_2, ta có: $P_1 = P_3$.

$$\Leftrightarrow \frac{E^2}{(\sqrt{R_1} + \dfrac{r}{\sqrt{R_1}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R_3} + \dfrac{r}{\sqrt{R_3}})^2} \Leftrightarrow R_1 + 2r + \frac{r^2}{R_1} = R_3 + 2r + \frac{r^2}{R_3}$$

$$\Leftrightarrow R_1 - R_3 = r^2.\frac{R_1 - R_3}{R_1R_3} \Leftrightarrow R_1R_3 = r^2 \Rightarrow R_3 = \frac{2^2}{0,5} = 8\Omega > R_1$$

Vậy: Phải mắc R_2 nối tiếp R_1 và $R_2 = R_3 - R_1 = 8 - 0,5 = 7,5\Omega$.

10.8. a) Khi điện trở mạch ngoài của một nguồn điện là R_1 hoặc R_2 thì công suất mạch ngoài có cùng giá trị. Tính E, r của nguồn theo R_1, R_2 và công suất P.

b) Nguồn điện trên có điện trở mạch ngoài R. Khi mắc thêm R_x song song R thì công suất mạch ngoài không đổi. Tính R_x.

Bài giải

a) Tính E, r

Công suất tiêu thụ mạch ngoài:

$$P = RI^2 = R\frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\frac{R}{\sqrt{R}}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2}$$

Với $R_1 = R_2$ thì $P_1 = P_2 \Leftrightarrow \frac{E^2}{(\sqrt{R_1}+\frac{r}{\sqrt{R_1}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R_2}+\frac{r}{\sqrt{R_2}})^2}$.

$$\Leftrightarrow R_1+2r+\frac{r^2}{R_1} = R_2+2r+\frac{r^2}{R_2} \Leftrightarrow R_1 - R_2 = r^2(\frac{R_1-R_2}{R_1R_2})$$

$$\Rightarrow r = \sqrt{R_1R_2} \text{ và } E = (\sqrt{R_1}+\frac{r}{\sqrt{R_1}})\sqrt{P} = (\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2})\sqrt{P}.$$

Vậy: $E = (\sqrt{R_1}+\sqrt{R_2})\sqrt{P}$; $r = \sqrt{R_1R_2}$.

b) Tính R_x

Vì công suất mạch ngoài không đổi nên từ câu a, ta có:

$$\frac{E^2}{(\sqrt{R}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{\frac{RR_x}{R+R_x}}+\frac{r}{\sqrt{\frac{RR_x}{R+R_x}}})^2}$$

$$\Leftrightarrow R+2r+\frac{r^2}{R} = \frac{RR_x}{R+R_x}+2r+\frac{r^2(R+R_x)}{RR_x} \Leftrightarrow R+\frac{r^2}{R} = \frac{RR_x}{R+R_x}+\frac{r^2}{R_x}+\frac{r^2}{R}$$

$$\Leftrightarrow RR_x(R+R_x) = RR_x^2+r^2R+r^2R_x$$

$$\Leftrightarrow R^2R_x = r^2R+r^2R_x \Leftrightarrow R_x(R^2-r^2) = r^2R\text{, với } R > r \Rightarrow R_x = \frac{r^2R}{R^2-r^2}.$$

Vậy: $R_x = \frac{r^2R}{R^2-r^2}$, với $R > r$.

10.9. a) Mạch kín gồm acquy E = 2,2V cung cấp điện năng cho điện trở mạch ngoài R = 0,5Ω. Hiệu suất của acquy H = 65%. Tính cường độ dòng điện trong mạch.

b) Khi điện trở mạch ngoài thay đổi từ $R_1 = 3\Omega$ đến $R_2 = 10{,}5\Omega$ thì hiệu suất của acquy tăng gấp đôi. Tính điện trở trong của acquy.

Bài giải

a) Cường độ dòng điện trong mạch

Ta có: Hiệu suất của ac quy là: $H = \frac{RI^2}{EI} = \frac{RI}{E} = 0{,}65$

$$\Rightarrow I = \frac{0{,}65E}{R} = \frac{0{,}65.2{,}2}{0{,}5} = 2{,}86A.$$

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là I = 2,86A.

b) Điện trở trong của acquy

Khi $R = R_1$ thì $H_1 = \frac{R_1I_1}{E} = \frac{R_1E}{E(R_1+r)} = \frac{R_1}{R_1+r}$.

Khi $R = R_2$ thì $H_2 = \frac{R_2}{R_2+r} \Rightarrow \frac{H_2}{H_1} = \frac{R_2}{R_1}.\frac{R_1+r}{R_2+r} = 2$

$$\Leftrightarrow \frac{10{,}5}{3}.\frac{3+r}{10{,}5+r} = 2 \Leftrightarrow \frac{3+r}{10{,}5+r} = \frac{4}{7} \Leftrightarrow 21+7r = 42+4r \Rightarrow r = 7\Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của acquy là $r = 7\Omega$.

10.10. Một động cơ điện mắc vào nguồn điện hiệu điện thế U không đổi. Cuộn dây của động cơ có điện trở R. Khi động cơ hoạt động, cường độ dòng điện chạy qua động cơ là I.

a) Lập biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại. Khi này, hiệu suất của động cơ là bao nhiêu?

Bài giải

a) Biểu thức tính công suất hữu ích của động cơ và suất phản điện xuất hiện trong động cơ

Công suất có ích của động cơ: $P = UI - RI^2$.

Suất phản điện của động cơ: $U = E + RI \Rightarrow E = U - RI$.

b) Tính I để công suất hữu ích đạt cực đại

Công suất có ích: $P = RI^2 = R.\frac{U^2}{(R+r)^2} = \frac{U^2R}{(R+r)^2}$.

Theo bất đẳng thức Côsi: $(R+r)^2 \geq 4Rr \Rightarrow P \leq \frac{U^2R}{4Rr} = \frac{U^2}{4r}$

Khi R = r thì công suất mạch ngoài cực đại: $P_{max} = \frac{U^2}{4r} \Rightarrow I = \frac{U}{R+r} = \frac{U}{2R}$

Hiệu suất của động cơ: $H = \frac{R}{R+r} = \frac{R}{2R} = 0{,}5 = 50\%$.

Vậy: Để công suất hữu ích đạt cực đại thì $I = \frac{U}{2R}$, lúc đó hiệu suất của động cơ là H = 50%.

10.11. Nguồn E = 16V, r = 2Ω nối với mạch ngoài gồm $R_1 = 2\Omega$ và R_2 mắc song song. Tính R_2 để:

a) Công suất của nguồn cực đại.

b) Công suất tiêu hao trong nguồn cực đại.

c) Công suất mạch ngoài cực đại.

d) Công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại.

e) Công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại.

Tính các công suất cực đại trên.

Bài giải

Ta có: Điện trở tương đương của R_1 và R_2: $R = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{2R_2}{2+R_2}$.

a) Để công suất của nguồn cực đại

Ta có: Công suất của nguồn: $P = EI = E.\frac{E}{R+r} = \frac{E^2}{R+r}$.

Vì E = const, r = const nên $P = P_{max}$ khi $R = 0 \Rightarrow R_2 = 0$.

Lúc đó: $P_{max} = \frac{16^2}{0+2} = 128W$.

Vậy: Để công suất của nguồn cực đại thì $R_2 = 0$ và $P_{hp(max)} = 128W$.

b) Để công suất tiêu hao trong nguồn cực đại

Ta có: Công suất tiêu hao trong nguồn: $P_{hp} = rI^2 = r\frac{E^2}{(R+r)^2}$

Vì E = const, r = const nên $P_{hp} = P_{hp(max)}$ khi $R = 0 \Rightarrow R_2 = 0$.

Lúc đó: $P_{hp(max)} = 2.\frac{16^2}{(0+2)^2} = 128W$.

Vậy: Để công suất tiêu hao trong nguồn cực đại thì $R_2 = 0$ và $P_{hp(max)} = 128W$.

c) Để công suất mạch ngoài cực đại

Ta có: $P_N = RI^2 = R.\frac{E^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2}$

Vì E = const, r = const nên $P_N = P_{N(max)}$ khi R = r

$$\Leftrightarrow \frac{2R_2}{2+R_2} = r = R_1 \Leftrightarrow \frac{2}{\frac{2}{R_2}+1} = 2 \Rightarrow R_2 = \infty$$

Lúc đó: $P_{N(max)} = \frac{16^2}{(\sqrt{2}+\frac{2}{\sqrt{2}})^2} = 32W$.

Vậy: Để công suất mạch ngoài cực đại thì $R_2 = \infty$ và $P_{N(max)} = 32W$.

d) Để công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại

Ta có: $P_1 = R_1I_1^2 = \frac{U^2}{R_1}$,

với $U = RI = R.\frac{E}{R+r} = \frac{2R_2}{2+R_2}.\frac{E}{\frac{2R_2}{2+R_2}+r} = \frac{2R_2E}{2R_2+r(2+R_2)}$.

$$\Rightarrow U = \frac{2R_2.16}{2R_2+2(2+R_2)} = \frac{8R_2}{1+R_2} \Rightarrow P_1 = \frac{\left(\frac{8R_2}{1+R_2}\right)^2}{R_1} = \frac{64R_2^2}{2(1+R_2)^2} = \frac{32}{(1+\frac{1}{R_2})^2}$$

$\Rightarrow P_1 = P_{1(max)}$ khi $R_2 = \infty$.

Lúc đó: $P_{1(max)} = \frac{32}{(1+\frac{1}{\infty})^2} = 32W$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R_1 cực đại thì $R_2 = \infty$ và $P_{1(max)} = 32W$.

e) Để công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại

Ta có: $P_2 = R_2I_2^2 = \frac{U^2}{R_2}$, với $U = RI = \frac{8R_2}{1+R_2}$ (như câu d).

$$\Rightarrow P_2 = \frac{\left(\frac{8R_2}{1+R_2}\right)^2}{R_2} = \frac{64R_2}{(1+R_2)^2} = \frac{64}{(\sqrt{R_2}+\frac{1}{\sqrt{R_2}})^2}$$

Để $P_2 = P_{2(max)}$ thì $R_2 = 1\,\Omega$ (từ bất đẳng thức Cô–si).

Lúc đó: $P_{2(max)} = \dfrac{64}{(1+\frac{1}{1})^2} = 16W$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R_2 cực đại thì $R_2 = 1\,\Omega$ và $P_{2(max)} = 16W$.

10.12. Nguồn E = 12V, r = 4Ω được dùng để thắp sáng đèn 6V – 6W.

a) Chứng minh rằng đèn không sáng bình thường.

b) Để đèn sáng bình thường, phải mắc thêm vào mạch một điện trở R_x. Tính R_x và công suất tiêu thụ của R_x.

Bài giải

Ta có: + Điện trở của đèn: $R_d = \dfrac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \dfrac{6^2}{6} = 6\Omega$

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{dm} = \dfrac{P_{dm}}{U_{dm}} = \dfrac{6}{6} = 1A$.

a) Chứng minh đèn không sáng bình thường

Ta có: Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \dfrac{E}{R_d + r} = \dfrac{12}{6+4} = 1{,}2A$

Vì $I > I_{dm}$ nên đèn không sáng bình thường.

b) Tính R_x và công suất tiêu thụ của R_x

– Nếu mắc thêm R_x nối tiếp với đèn, để đèn sáng bình thường thì:

+ Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \dfrac{E}{R_d + R_x + r} = I_{dm}$

$\Rightarrow R_x = \dfrac{E}{I_{dm}} - (R_d + r) = \dfrac{12}{1} - (6+4) = 2\Omega$

+ Công suất tiêu thụ của R_x: $P_x = R_xI^2 = 2.1^2 = 2W$.

– Nếu mắc thêm R_x song song với đèn, để đèn sáng bình thường thì:

+ Hiệu điện thế hai đầu R_x: $U_x = U_d = 6V$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch: $I = \dfrac{E - U_d}{r} = \dfrac{12-6}{4} = 1{,}5A$.

+ Cường độ dòng điện qua R_x: $I_2 = I - I_{dm} = 1{,}5 - 1 = 0{,}5A$.

+ Điện trở R_x: $R_x = \dfrac{U_d}{I_x} = \dfrac{6}{0{,}5} = 12\Omega$.

+ Công suất tiêu thụ trên R_x: $P_x = R_xI_x^2 = 12.0{,}5^2 = 3W$.

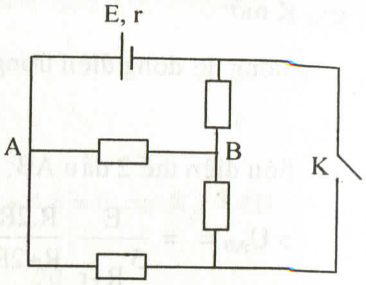
10.13. Cho mạch điện như hình vẽ, các điện trở thuần đều có giá trị bằng R.

a) Tìm hệ thức liên hệ giữa R và r để công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi khi K mở và đóng.

b) E = 24V. Tính U_{AB} khi:

– K mở.

– K đóng.



Bài giải

a) Hệ thức liên hệ giữa R và r

Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = R\dfrac{E^2}{(R+r)^2} = \dfrac{E^2}{(\sqrt{R} + \frac{r}{\sqrt{R}})^2}$.

– Khi K mở:

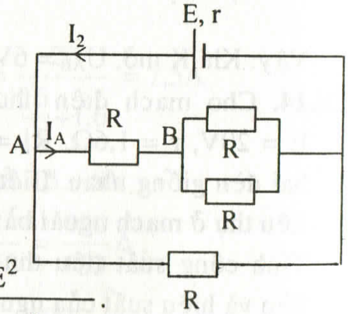
+ Điện trở tương đương mạch ngoài: $R_1 = R + \dfrac{R.2R}{R+2R} = \dfrac{5}{3}R$.

+ Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P_1 = \dfrac{E^2}{(\sqrt{R_1} + \frac{r}{\sqrt{R_1}})^2}$.

– Khi K đóng:

+ Điện trở tương đương mạch ngoài:

$$R_2 = \frac{R.(R+\frac{R}{2})}{R+R+\frac{R}{2}} = \frac{1{,}5R}{2{,}5} = 0{,}6R$$



+ Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P_2 = \dfrac{E^2}{(\sqrt{R_2} + \frac{r}{\sqrt{R_2}})^2}$.

Vì $P_1 = P_2 \Leftrightarrow (\sqrt{R_1} + \dfrac{r}{\sqrt{R_1}})^2 = (\sqrt{R_2} + \dfrac{r}{\sqrt{R_2}})^2 \Leftrightarrow R_1 + \dfrac{r^2}{R_1} + 2r = R_2 + \dfrac{r^2}{R_2} + 2r$

$\Leftrightarrow R_1 - R_2 = r^2(\dfrac{R_1 - R_2}{R_1R_2}) \Leftrightarrow r^2 = R_1R_2 = \dfrac{5}{3}R.0{,}6R = R^2 \Rightarrow r = R$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ mạch ngoài không đổi khi K mở và đóng thì r = R.

b) Tính U_{AB}

– Khi K mở:

+ Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I_1 = \dfrac{E}{R_1+r} = \dfrac{E}{\frac{5}{3}R+r}$.

+ Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_1R_{AB}$

$$\Rightarrow U_{AB} = = \frac{E}{\frac{5}{3}R+r}.\frac{R.2R}{R+2R} = \frac{E}{\frac{8}{3}R}.\frac{2}{3}R = \frac{E}{4} = \frac{24}{4} = 6V$$

– Khi K đóng:

+ Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I_2 = \dfrac{E}{R_2+r} = \dfrac{E}{0,6R+r}$.

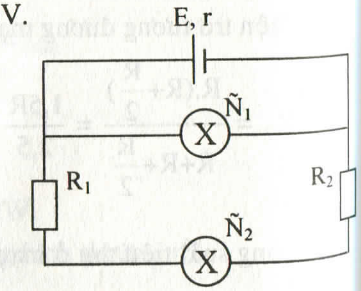
+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI_2 = E - \dfrac{rE}{0,6R+r}$.

+ Cường độ dòng điện qua AB: $I_A = \dfrac{U}{R+\frac{R}{2}} = \dfrac{E - \frac{rE}{0,6R+r}}{1,5R}$

+ Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_AR = \dfrac{E - \frac{rE}{0,6R+r}}{1,5} = \dfrac{24 - \frac{24R}{1,6R}}{1,5} = 6V$.

Vậy: Khi K mở, $U_{AB} = 6V$; khi K đóng, $U_{AB} = 6V$.

10.14. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 20V$, $r = 1,6\Omega$, $R_1 = R_2 = 1\Omega$, hai đèn giống nhau. Biết công suất tiêu thụ ở mạch ngoài bằng 60W. Tính công suất tiêu thụ của mỗi đèn và hiệu suất của nguồn.



Bài giải

– Điện trở tương đương mạch ngoài: $R = \dfrac{R_đ.(R_đ+R_1+R_2)}{R_đ+R_đ+R_1+R_2} = \dfrac{R_đ.(R_đ+2)}{2R_đ+2}$

– Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \dfrac{E}{R+r}$.

– Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = R\dfrac{E^2}{(R+r)^2}$.

$$\Leftrightarrow 60 = \frac{R.20^2}{(R+1,6)^2} \Leftrightarrow (R^2+3,2R+2,56).60 = 400R$$

$$\Leftrightarrow 3R^2 + 9,6R + 7,68 - 20R = 0 \Leftrightarrow 3R^2 - 10,4R + 7,68 = 0$$

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} R = 2,4\Omega \\ R = \frac{16}{15}\Omega \end{array}\right. \quad (\text{với } R = \frac{R_đ.(R_đ+2)}{2R_đ+2})$$

* *Trường hợp 1:* $\dfrac{R_đ^2+2R_đ}{2R_đ+2} = 2,4 \Leftrightarrow R_đ^2 - 2,8R_đ - 4,8 = 0 \Rightarrow R_đ = 4\Omega$

Lúc đó: $R = \dfrac{4.(4+2)}{2.4+2} = 2,4\Omega \Rightarrow I = \dfrac{E}{R+r} = \dfrac{20}{2,4+1,6} = 5A$

+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI = 20 - 1,6.5 = 12V$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \dfrac{U}{R_đ} = \dfrac{12}{4} = 3A$

+ Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_đI_1^2 = 4.3^2 = 36W$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 = I - I_1 = 5 - 3 = 2A$.

+ Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_đI_2^2 = 4.2^2 = 16W$.

+ Hiệu suất của nguồn: $H = \dfrac{U}{E} = \dfrac{12}{20} = 0,6 = 60\%$.

* *Trường hợp 2:* $\dfrac{R_đ^2+2R_đ}{2R_đ+2} = \dfrac{16}{15} \Leftrightarrow 15R_đ^2 - 2R_đ - 32 = 0 \Rightarrow R_đ = 1,53\Omega$

Lúc đó: $R = \dfrac{1,53.(1,53+2)}{2.1,53+2} = \dfrac{16}{15}\Omega \Rightarrow I = \dfrac{E}{R+r} = \dfrac{20}{\frac{16}{15}+1,6} = 7,5A$

+ Hiệu điện thế mạch ngoài: $U = E - rI = 20 - 1,6.7,5 = 8V$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \dfrac{U}{R_đ} = \dfrac{8}{1,53} = \dfrac{800}{153}A$.

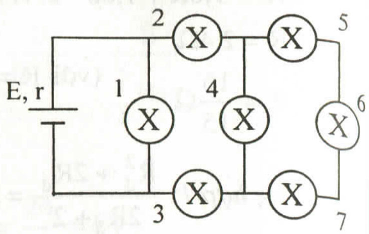
+ Công suất tiêu thụ của đèn 1: $P_1 = R_đI_1^2 = 1,53.(\dfrac{800}{153})^2 = 41,83W$.

+ Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 = I - I_1 = 7,5 - \dfrac{800}{153} = \dfrac{695}{306}A$.

+ Công suất tiêu thụ của đèn 2: $P_2 = R_đI_2^2 = 1,53.(\dfrac{695}{306})^2 = 7,89W$.

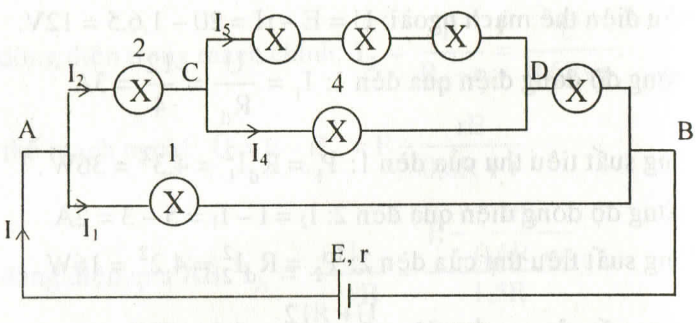
+ Hiệu suất của nguồn: $H = \dfrac{U}{E} = \dfrac{8}{20} = 0,4 = 40\%$.

10.15. Cho mạch điện như hình vẽ: các đèn có cùng điện trở R, nguồn có $r = \frac{4}{15}R$. Công suất tiêu thụ của đèn 6 là 6W. Tính công suất tiêu thụ của mạch ngoài, công suất và hiệu suất của nguồn.



Bài giải

Ta có: Mạch điện được vẽ lại như sau:



- Công suất tiêu thụ của đèn 6: $P_6 = RI_5^2 \Rightarrow I_5 = \sqrt{\frac{P_6}{R}}$
- Hiệu điện thế 2 đầu CD: $U_{CD} = I_5R_{567} = \sqrt{\frac{P_6}{R}}.3R = 3\sqrt{RP_6}$.
- Cường độ dòng điện qua đèn 4: $I_4 = \frac{U_{CD}}{R_4} = \frac{3\sqrt{RP_6}}{R} = 3\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.
- Cường độ dòng điện qua đèn 2: $I_2 = I_4 + I_5 = 3\sqrt{\frac{P_6}{R}} + \sqrt{\frac{P_6}{R}} = 4\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.
- Hiệu điện thế 2 đầu AB:

$$U_{AB} = I_2R_{23456} = 4\sqrt{\frac{P_6}{R}}.(2R + \frac{3R.R}{3R+R}) \Rightarrow U_{AB} = 4\sqrt{\frac{P_6}{R}}.2,75R = 11\sqrt{RP_6}$$

- Cường độ dòng điện qua đèn 1: $I_1 = \frac{U_{AB}}{R} = 11\sqrt{\frac{P_6}{R}}$.
- Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_1 + I_2 = 11\sqrt{\frac{P_6}{R}} + 4\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 15\sqrt{\frac{P_6}{R}}$

$$\text{Mà } I = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{\frac{2,75R.R}{2,75R+R} + r} = \frac{E}{\frac{11}{15}R + r} = \frac{E}{\frac{11}{15}R + \frac{4}{15}R} = \frac{E}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{E}{R} = \frac{15\sqrt{6}}{\sqrt{R}} \Rightarrow \frac{E}{\sqrt{R}} = 15\sqrt{6}$$

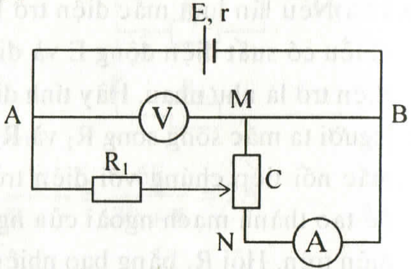
- Công suất tiêu thụ mạch ngoài:

$$P = UI = 11\sqrt{RP_6}.15\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 165P_6 = 165.6 = 990W$$

- Công suất của nguồn: $P' = EI = E.15\sqrt{\frac{P_6}{R}} = 15\sqrt{6}.\frac{E}{\sqrt{R}} = 15\sqrt{6}.15\sqrt{6} = 1350W$
- Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{P'}{P} = \frac{990}{1350} = 0,733 = 73,3\%$.

Vậy: Công suất tiêu thụ mạch ngoài là P = 900W; công suất của nguồn là P' = 1350W; hiệu suất của nguồn là H = 73,3%.

10.16. Cho mạch điện như hình vẽ, E = 9V, r = 1Ω, biến trở MN có điện trở toàn phần R = 10Ω, điện trở $R_1 = 1Ω$, $R_A = 0$, R_V rất lớn.



a) Khi C ở chính giữa biến trở, tính số chỉ trên vôn kế và ampe kế.

b) Định vị trí C để công suất tiêu thụ trong toàn biến trở là lớn nhất. Tính công suất này.

Bài giải

Điện trở tương đương mạch ngoài:

$$R = R_1 + R' = R_1 + \frac{x(10-x)}{x+10-x} = R_1 + \frac{x(10-x)}{10}$$

Cường độ dòng điện trong mạch chính: $I = \frac{E}{R+r}$.

a) Số chỉ của vôn kế và ampe kế: Khi C ở chính giữa:

$$R' = \frac{5.(10-5)}{10} = 2,5Ω \Rightarrow I = \frac{9}{2,5+2} = 2A$$

$\Rightarrow U_{AN} = IR_1 = 2.1 = 2V$; $U_{NB} = IR = 2.2,5 = 5V$.

+ Số chỉ của vôn kế là: $U_{AM} = U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 2 + 5 = 7V$.
+ Số chỉ của ampe kế là: $I_A = \frac{U_{NB}}{5} = \frac{5}{5} = 1A$.

Vậy: Vôn kế chỉ 7V và ampe kế chỉ 1A.

b) Vị trí C để công suất tiêu thụ trong toàn biến trở là lớn nhất

Ta có: Công suất tiêu thụ trên biến trở:

$$P = R'I^2 = \frac{E^2R'}{(R'+R_1+r)^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R'}+\frac{R_1+r}{\sqrt{R'}})^2}.$$

$\Rightarrow P = P_{max} \Leftrightarrow R' = R_1 + r = 1 + 1 = 2\Omega$.

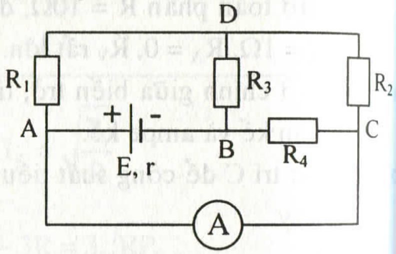
và $P_{max} = \dfrac{9^2}{(\sqrt{2}+\frac{2}{\sqrt{2}})^2} = 10{,}125W$

Lúc đó: $R' = \dfrac{x(10-x)}{10} = 2 \Leftrightarrow x^2 - 10x + 20 = 0 \Rightarrow x_1 = 7{,}24\Omega;\ x_2 = 2{,}76\Omega$.

Vậy: Vị trí của C để công suất trên biến trở lớn nhất là $x_1 = 7{,}24\,\Omega$ hoặc $x_2 = 2{,}76\,\Omega$ và $P_{max} = 10{,}125W$.

10.17. a) Nếu lần lượt mắc điện trở $R_1 = 2\Omega$ và $R_2 = 8\Omega$ vào một nguồn điện một chiều có suất điện động E và điện trở trong r thì công suất tỏa nhiệt trên các điện trở là như nhau. Hãy tính điện trở trong của nguồn.

b) Người ta mắc song song R_1 và R_2 rồi mắc nối tiếp chúng với điện trở R_x để tạo thành mạch ngoài của nguồn điện trên. Hỏi R_x bằng bao nhiêu thì công suất tỏa nhiệt ở mạch ngoài là lớn nhất?



c) Bây giờ ta lại mắc nguồn điện trên và R_1, R_2 vào mạch điện như hình vẽ. Trong đó $R_3 = 58{,}4\Omega$, $R_4 = 60\Omega$, ampe kế A có điện trở không đáng kể. Hỏi ampe kế chỉ bao nhiêu, biết rằng suất điện động của nguồn điện E = 68V.

Bài giải

a) Điện trở trong của nguồn

– Vì công suất toả nhiệt trên các điện trở là như nhau nên: $P_1 = P_2$.

$$\Leftrightarrow R_1\frac{E^2}{(R_1+r)^2} = R_2\frac{E^2}{(R_2+r)^2} \Leftrightarrow R_1(R_2^2+2R_2r+r^2) = R_2(R_1^2+2R_1r+r^2)$$

$$\Leftrightarrow r^2 = R_1R_2 \Rightarrow r = \sqrt{R_1R_2} = \sqrt{2.8} = 4\Omega.$$

Vậy: Điện trở trong của nguồn là $r = 4\,\Omega$.

b) Giá trị R_x để công suất tỏa nhiệt ở mạch ngoài là lớn nhất

Điện trở tương đương của mạch ngoài: $R = R_x + \dfrac{R_1R_2}{R_1+R_2}$

Công suất toả nhiệt ở mạch ngoài:

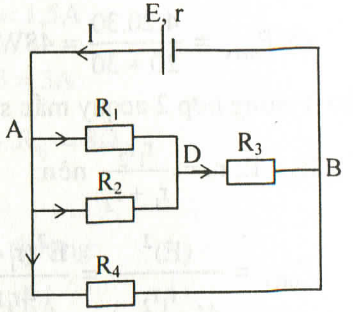
$$P = RI^2 = \frac{RE^2}{(R+r)^2} = \frac{E^2}{(\frac{R}{\sqrt{R}}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2} = \frac{E^2}{(\sqrt{R}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2}$$

Vì E = const, r = const nên $P = P_{max}$ khi R = r.

hay $R_x + \dfrac{2.8}{2+8} = 4 \Rightarrow R_x = 2{,}4\Omega$.

Vậy: Để công toả nhiệt ở mạch ngoài lớn nhất thì $R_x = 2{,}4\,\Omega$.

c) Số chỉ của ampe kế



Điện trở tương đương mạch ADB:

$$R_{ADB} = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} + R_3 = \frac{2.8}{2+8} + 58{,}4 = 60\Omega$$

Điện trở tương đương mạch ngoài:

$$R = \frac{R_4.R_{ADB}}{R_4+R_{ADB}} = \frac{60.60}{60+60} = 30\Omega$$

Cường độ dòng điện qua ampe kế: $I_A = I - I_1$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \dfrac{E}{R+r} = \dfrac{68}{30+4} = 2A$.

$\Rightarrow U_{AB} = E - rI = 68 - 4.2 = 60V$

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \dfrac{U_{AB}}{R_{AB}} = \dfrac{60}{60} = 1A$.

Hiệu điện thế 2 đầu R_1: $U_1 = I_3R_{12} = 1.1{,}6 = 1{,}6V$.

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \dfrac{U_1}{R_1} = \dfrac{1{,}6}{2} = 0{,}8A$.

Số chỉ của ampe kế: $I_A = I - I_1 = 2 - 0{,}8 = 1{,}2A$.

Vậy: Ampe kế chỉ 1,2A.

10.18. Hai acquy (E, r_1), (E, r_2). Công suất mạch ngoài cực đại của mỗi acquy là 20W và 30W. Tính công suất mạch ngoài cực đại của bộ hai acquy:

a) Nối tiếp. b) Song song.

Bài giải

Ta có: Công suất mạch ngoài của ac quy: $P = R\dfrac{E^2}{(R+r)^2} = \dfrac{E^2}{(\sqrt{R}+\frac{r}{\sqrt{R}})^2}$.

Vì $MS = \sqrt{R} + \dfrac{r}{\sqrt{R}} \geq 2\sqrt{r} \Rightarrow MS_{min}$ khi R = r và $P_{max} = \dfrac{E^2}{4r}$

$$\Rightarrow P_{1_{\max}} = \frac{E^2}{4r_1} = 20W;\ P_{2_{\max}} = \frac{E^2}{4r_2} = 30W.$$

a) Trường hợp 2 acquy mắc nối tiếp: Khi 2 acquy mắc nối tiếp:

$E_b = 2E$; $r_b = r_1 + r_2$ nên:

$$P_{\max} = \frac{(2E)^2}{4(r_1+r_2)} = \frac{4E^2}{4(r_1+r_2)} = \frac{4}{\frac{4r_1}{E^2}+\frac{4r_2}{E^2}} = \frac{4}{\frac{1}{P_1}+\frac{1}{P_2}} = \frac{4P_1P_2}{R_1+R_2}$$

$$\Rightarrow P_{\max} = \frac{4.20.30}{20+30} = 48W$$

b) Trường hợp 2 acquy mắc song song: Khi 2 acquy mắc song song:

$E_b = E$; $r_b = \frac{r_1r_2}{r_1+r_2}$ nên:

$$P_{\max} = \frac{(E)^2}{4\left(\frac{r_1r_2}{r_1+r_2}\right)} = \frac{E^2(r_1+r_2)}{4r_1r_2} = \frac{E^2}{4r_1}+\frac{E^2}{4r_2} = P_1+P_2 = 20+30 = 50W$$

Vậy: Khi 2 acquy mắc nối tiếp thì $P_{\max} = 48W$; khi 2 acquy mắc song song thì $P_{\max} = 50W$.

10.19. Mạch điện gồm một nguồn E = 150V, r = 2Ω, một đèn Đ có công suất định mức P = 180W và một biến trở R_b mắc nối tiếp nhau.

a) Khi $R_b = 18\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tìm hiệu điện thế định mức của đèn.

b) Mắc song song với đèn Đ một đèn giống nó. Tìm R_b để hai đèn sáng bình thường.

c) Với nguồn trên, có thể thắp sáng tối đa bao nhiêu đèn giống như Đ. Hiệu suất của nguồn khi đó là bao nhiêu?

Bài giải

a) Hiệu điện thế định mức của đèn

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E}{R_b+R_d+r} = \frac{150}{18+2+R_d} = \frac{150}{20+R_d}.$$

Hiệu điện thế định mức của đèn: $U_d = IR_d = \frac{150R_d}{20+R_d}$.

Mặt khác: $U_d = \frac{P}{I} = \frac{180}{150}.(20+R_d) = 1,2(20+R_d)$

$$\Leftrightarrow 150R_d = 1,2(20+R_d)^2 \Leftrightarrow 150R_d = 480+48R_d+1,2R_d^2$$

$$\Leftrightarrow 1,2R_d^2 - 102R_d + 480 = 0 \Rightarrow \begin{cases} R_d = 80\Omega \Rightarrow U_d = \frac{150.80}{20+80} = 120V \\ R_d = 5\Omega \Rightarrow U_d = \frac{150.5}{20+5} = 30V \end{cases}$$

Vậy: Hiệu điện thế định mức của đèn là 120V hoặc 30V.

b) Tìm R_b để hai đèn sáng bình thường

- Với đèn có $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$: Để đèn sáng bình thường:

+ Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{120} = 1,5A$.

+ Cường độ dòng điện qua biến trở: $I = I_b = 2.1,5 = 3A$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b+\frac{R_d}{2}+r} = 3 \Leftrightarrow \frac{150}{R_b+40+2} = 3 \Rightarrow R_b = 8\Omega.$$

- Với đèn có $U_d = 30V$; $R_d = 5\Omega$: Để đèn sáng bình thường:

+ Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{30} = 6A$

+ Cường độ dòng điện qua biến trở: $I = I_b = 2.6 = 12A$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b+\frac{R_d}{2}+r} = 12 \Leftrightarrow \frac{150}{R_b+2,5+2} = 12 \Rightarrow R_b = 8\Omega$$

Vậy: Để 2 đèn sáng bình thường thì $R_b = 8\Omega$.

c) Số nguồn tối đa có thể thắp sáng

- Với loại đèn có $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$: Gọi n là số đèn tối đa có thể thắp sáng bình thường. Vì các đèn sáng bình thường nên:

+ Cường độ dòng điện qua mỗi đèn: $I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{120} = 1,5A$.

+ Cường độ dòng điện qua biến trở: $I = nI_d = 1,5n$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b+\frac{R_d}{n}+r} = 1,5n \Leftrightarrow E = 1,5nR_b + 1,5R_d + 1,5nr$$

$$\Rightarrow n = \frac{E-1,5R_d}{1,5(R_b+r)} \Rightarrow n = n_{\max} \text{ khi } R_b = 0.$$

và $n_{\max} = \frac{150-1,5.80}{1,5.2} = 10$ (đèn) $\Rightarrow H = \frac{U}{E} = \frac{120}{150} = 0,8 = 80\%$

Vậy: Số đèn tối đa loại $U_d = 120V$; $R_d = 80\Omega$ là 10 và hiệu suất của nguồn lúc đó là H = 80%.

– Với loại đèn có $U_đ = 30V$; $R_đ = 5\Omega$: Gọi n là số đèn tối đa có thể thắp sáng bình thường. Vì các đèn sáng bình thường nên:

+ Cường độ dòng điện qua mỗi đèn: $I_d = \frac{P}{U} = \frac{180}{30} = 6A$.

+ Cường độ dòng điện qua biến trở: $I = nI_đ = 6n$.

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_b + \frac{R_d}{n} + r} = 6n \Leftrightarrow E = 6nR_b + 6R_đ + 6nr$$

$$\Rightarrow n = \frac{E - 6R_d}{6(R_b + r)} \Rightarrow n = n_{max} \text{ khi } R_b = 0.$$

và $n_{max} = \frac{150 - 6.5}{6.2} = 10$ (đèn) $\Rightarrow H = \frac{U}{E} = \frac{30}{150} = 0,2 = 20\%$

Vậy: Số đèn tối đa loại $U_đ = 30V$; $R_đ = 5\Omega$ là 10 và hiệu suất của nguồn lúc đó là H = 20%.

10.20. Nguồn E = 30V, điện trở trong r dùng để thấp sáng đồng thời hai đèn Đ₁, Đ₂ giống nhau và đèn Đ₃. Để cả 3 đèn sáng bình thường, có thể mắc:

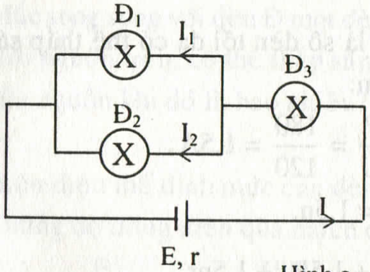
– (Đ₁ // Đ₂) nt Đ₃.

– (Đ₁ nt Đ₂) // Đ₃.

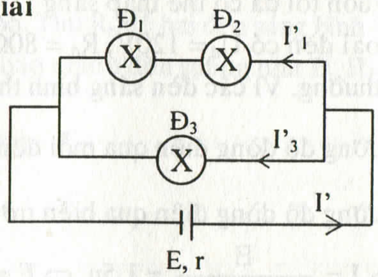
a) Tính hiệu điện thế định mức mỗi đèn. Cho biết cách mắc nào có lợi hơn.

b) Một trong hai cách mắc trên, công suất của nguồn là P = 60W. Tính các giá trị định mức của đèn và điện trở trong của nguồn.

Bài giải



Hình a



Hình b

a) Hiệu điện thế định mức mỗi đèn

Gọi U_1, U_2, U_3 là hiệu điện thế định mức của các đèn; I_1, I_2, I_3 là dòng điện định mức của các đèn.

– Từ cách mắc 1 suy ra: $U_1 = U_2$; từ cách mắc 2 suy ra: $I_1 = I_2$.

– Vì các đèn sáng bình thường nên ta có:

+ Hình a: $U_1 + U_3 = E - Ir$ (1)

+ Hình b: $U_1 + U_2 = U_3 = E - I'r$ (2)

– Từ (2) suy ra: $2U_1 = U_3 = E - I'r$ (3)

Thay (3) vào (1): $U_1 + 2U_1 = E - Ir$

$\Leftrightarrow 3U_1 = E - Ir$ (4)

Từ (3), ta có: $2U_1 = E - I'r$ (5)

Mặt khác: $I = I_3 = I_1 + I_2 = 2I_1$ (6)

$$I' = I_3 + I_1 = I_3 + \frac{I_3}{2} = \frac{3I_3}{2} \qquad (7)$$

Thay (6) vào (4) và thay (7) vào (5), ta được:

$$\begin{cases} 3U_1 = E - I_3r \\ 2U_1 = E - \frac{3I_3}{2}.r \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3U_1 + I_3r = E = 30 \\ 2U_1 + \frac{3}{2}I_3r = E = 30 \end{cases}$$

$\Rightarrow U_1 = 6V$ và $I_3r = 12V$ (8)

$\Rightarrow U_2 = U_1 = 6V$; $U_3 = 2U_1 = 12V$.

Để biết mắc theo cách nào lợi hơn, ta dựa vào hiệu suất của từng cách mắc.

Ta có: $H = \frac{U}{E} = \frac{U_1 + U_3}{E} = \frac{6 + 12}{30} = 60\%$ và $H' = \frac{U'}{E} = \frac{U_3}{E} = \frac{12}{30} = 40\%$.

Vậy: Hiệu điện thế định mức của mỗi đèn là $U_1 = U_2 = 6V$, $U_3 = 12V$ và cách mắc thứ 1 (hình a) lợi hơn.

b) Các giá trị định mức của đèn và điện trở trong của nguồn

– Nếu cách 1 có P = 60W thì $I = \frac{P}{E} = \frac{60}{30} = 2A \Rightarrow I_3 = 2A$, $I_1 = I_2 = \frac{I_3}{2} = 1A$.

$\Rightarrow P_1 = U_1I_1 = 6.1 = 6W \Rightarrow$ Đ₁: 6V – 6W.

$P_2 = U_2I_2 = 6.1 = 6W \Rightarrow$ Đ₂: 6V – 6W.

$P_3 = U_3I_3 = 12.2 = 24W \Rightarrow$ Đ₃: 12V – 24W.

Theo (8): $I_3r = 12 \Rightarrow r = \frac{12}{I_3} = \frac{12}{2} = 6\Omega$.

– Nếu cách 2 có P = 60W thì $I' = \frac{P}{E} = \frac{60}{30} = 2A$

Theo (7): $I' = \frac{3}{2}I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{2}{3}I' = \frac{2.2}{3} = \frac{4}{3}A \Rightarrow I_1 = I_2 = I' - I_3 = 2 - \frac{4}{3} = \frac{2}{3}A$.

$\Rightarrow P_1 = U_1I_1 = 6.\frac{2}{3} = 4W \Rightarrow$ Đ₁: 6V – 4W và Đ₂: 6V – 4W.

$P_3 = U_3I_3 = 12.\frac{4}{3} = 16W \Rightarrow$ Đ₃: 12V – 16W và $r = \frac{12}{I_3} = \frac{12}{\frac{4}{3}} = 9\Omega$.

Vậy: Với cách mắc 1 thì Đ₁, Đ₂: 6V–6W, Đ₃: 12V–24W, r = 6Ω; với cách mắc 2 thì Đ₁, Đ₂: 6V–4W, Đ₃: 12V–16W, r = 9Ω.

10.21. Nguồn E = 24V, r = 2Ω dùng để thắp sáng đồng thời ba đèn: $Đ_1$(6V–3W), $Đ_2$(6V–6W), $Đ_3$(6V–9W). Các đèn sáng bình thường nhờ mắc thêm một điện trở R vào mạch.

a) Vẽ tất cả các sơ đồ có thể có và tính R trong mỗi sơ đồ.

b) Sơ đồ nào có hiệu suất lớn nhất? Tính hiệu suất này.

Bài giải

a) Các sơ đồ

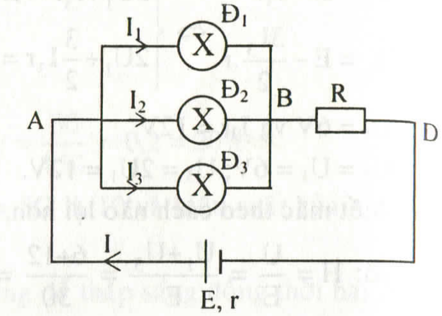
Ta có: $I_{1dm} = \dfrac{P_{1dm}}{U_{1dm}} = \dfrac{3}{6} = 0{,}5A$;

$I_{2dm} = \dfrac{P_{2dm}}{U_{2dm}} = \dfrac{6}{6} = 1A$;

$I_{3dm} = \dfrac{P_{3dm}}{U_{3dm}} = \dfrac{9}{6} = 1{,}5A$.

$I_{3dm} = I_{1dm} + I_{2dm}$;

$U_{1dm} = U_{2dm} = U_{3dm} = 6V$.



Hình a

Cách 1 (hình a): [($Đ_1$ // $Đ_2$ // $Đ_3$) nt R].

Ta có: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0{,}5 + 1 + 1{,}5 = 3A$.

$U_{AB} = E - I(R + r) \Leftrightarrow 6 = 24 - 3(R + 2)$

$\Rightarrow R = 4\Omega$.

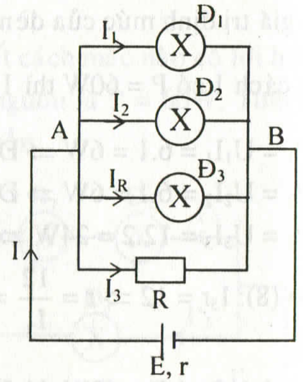
Cách 2 (hình b): [($Đ_1$ // $Đ_2$ // $Đ_3$) // R].

Ta có: $U_{AB} = E - Ir \Leftrightarrow 6 = 24 - I.2$

$\Rightarrow I = 9A$.

$\Rightarrow I_R = I - (I_1 + I_2 + I_3) = 9 - 3 = 6A$

$\Rightarrow R = \dfrac{U_R}{I_R} = \dfrac{U_{AB}}{I_R} = \dfrac{6}{6} = 1\Omega$



Hình b

Cách 3 (hình c): [($Đ_1$ // $Đ_2$) nt $Đ_3$ nt R].

Ta có: $I = I_3 = 1{,}5A$; $U_{AB} = U_1 + U_3 = 6 + 6 = 12V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - I\,(R + r)$

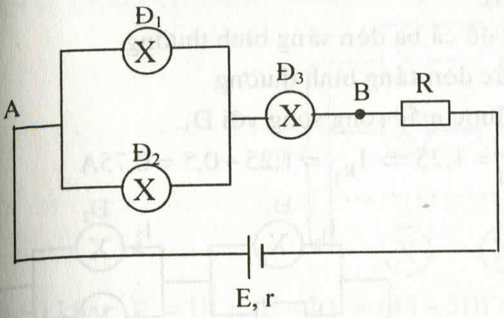
$\Rightarrow 12 = 24 - 1{,}5(R + 2) \Rightarrow R = 6\Omega$.

Cách 4 (hình d): {[($Đ_1$ // $Đ_2$) nt $Đ_3$] // R}.

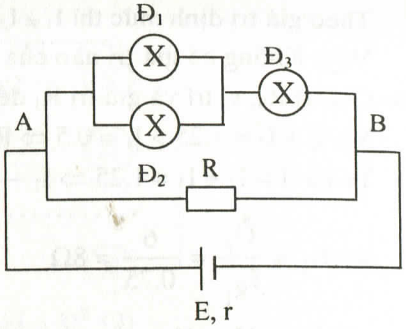
Ta có: $U_{AB} = U_1 + U_3 = 6 + 6 = 12V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - Ir \Leftrightarrow 12 = 24 - I.2 \Rightarrow I = 6A$.

$\Rightarrow I_R = I - I_3 = 6 - 1{,}5 = 4{,}5A \Rightarrow R = \dfrac{U_{AB}}{I_R} = \dfrac{12}{4{,}5} = \dfrac{8}{3}\Omega$



Hình c



Hình d

b) Tính hiệu suất

Ta có: Hiệu suất: $H = \dfrac{U}{E}$, trong đó: U là hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn.

Vì E = 24V = const nên $H = H_{max}$ khi $U = U_{max}$.

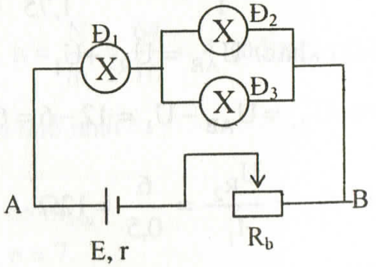
$\Rightarrow$ Cách 3 có hiệu suất lớn nhất là: $H = \dfrac{U_1 + U_3 + U_R}{E} = \dfrac{6 + 6 + 1{,}5.6}{24} = 0{,}875$

Chú ý: Với cách tính trên thì ta xem công của dòng điện sản ra ở mạch ngoài là công có ích, tức là bao hàm cả công sản ra trên điện trở R. Nếu chỉ xem công sản ra trên các bóng đèn là có ích thì: $H = \dfrac{U_1 + U_3}{E} = \dfrac{12}{24} = 0{,}5$

10.22. Cho mạch điện như hình vẽ: E = 28V, r = 2Ω, đèn $Đ_1$: 6V–3W, đèn $Đ_2$: 12V–12W, đèn $Đ_3$: 12V–3W, R_b là biến trở.

a) Có thể điều chỉnh biến trở để ba đèn sáng bình thường không? Vì sao?

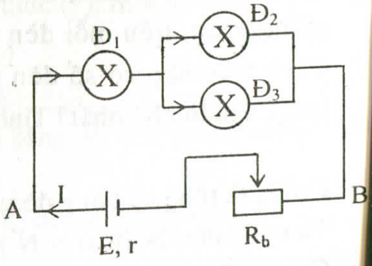
b) Mắc thêm R_1 vào mạch. Tìm giá trị R_b, vị trí và giá trị R_1 để các đèn sáng bình thường.



c) Ba đèn và điện trở R_2 có thể mắc theo cách khác vào AB để các đèn sáng bình thường. Tìm R_b, vị trí và giá trị R_2. So sánh hiệu suất của hai cách mắc.

Bài giải

a) Ba đèn có thể sáng bình thường không?



Ta có: $I_1 = \dfrac{3}{6} = 0{,}5A$; $I_2 = \dfrac{12}{12} = 1A$;

$I_3 = \dfrac{3}{12} = 0{,}25A$.

Theo sơ đồ thì $I_1 = I_2 + I_3$.

Theo giá trị định mức thì $I_1 \neq I_2 + I_3$.

Vậy: Không có giá trị nào của R_b để cả ba đèn sáng bình thường.

b) Giá trị R_b, vị trí và giá trị R_1 để các đèn sáng bình thường

Vì: $I_2 + I_3 = 1,25 > I_1 = 0,5 \Rightarrow R_1$ được mắc song song với Đ$_1$.

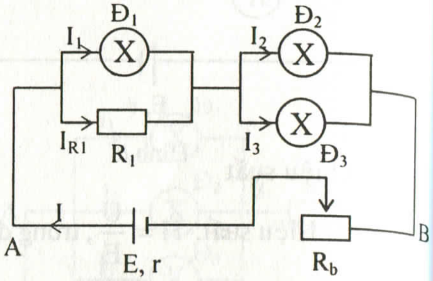
Ta có: $I = I_2 + I_3 = 1,25 \Rightarrow I_1 + I_{R_1} = 1,25 \Rightarrow I_{R_1} = 1,25 - 0,5 = 0,75A$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_{R_1}} = \frac{6}{0,75} = 8\Omega$$

và $U_{AB} = U_1 + U_2 = 6 + 12 = 18V$.

Mặt khác: $U_{AB} = E - I(R_b + r)$

$$\Rightarrow R_b = \frac{E - U_{AB}}{I} - r = \frac{28-18}{1,25} - 2 = 6\Omega$$



Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $R_b = 6\Omega$; R_1 phải mắc song song với Đ$_1$ và $R_1 = 8\Omega$.

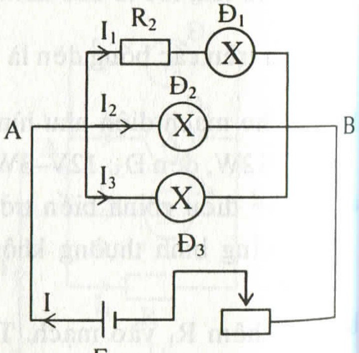
c) Tìm R_b, vị trí và giá trị R_2 để các đèn sáng bình thường

- Ta thấy: $U_1 < U_2 = U_3$ và $I_2 \neq I_1 + I_3$ nên chỉ có cách mắc duy nhất để cả ba đèn sáng bình thường là [(Đ$_1$ nt R_2) // Đ$_2$ // Đ$_3$].

Khi đó: $I = I_1 + I_2 + I_3 = 1,75A$; $U_{AB} = U_2 = 12V$.

Mà $U_{AB} = E - I(R_b + r)$

$$\Rightarrow R_b = \frac{E - U_{AB}}{I} - r = \frac{28-18}{1,75} - 2 = 7,14\Omega$$



- Mặt khác: $U_{AB} = U_{R_2} + U_1$

$$\Rightarrow U_{R_2} = U_{AB} - U_1 = 12 - 6 = 6V$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_1} = \frac{6}{0,5} = 12\Omega$$

Vậy: Để các đèn sáng bình thường thì $R_b = 7,14\Omega$; R_2 phải mắc nối tiếp với Đ$_1$ và $R_2 = 12\Omega$.

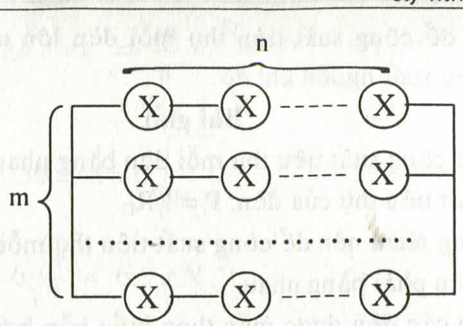
10.23. Nguồn $E = 48V$, $r = 3\Omega$ được dùng để thắp sáng bình thường các đèn giống nhau, trên mỗi đèn có ghi 6V–3W. Hỏi có bao nhiêu cách mắc đèn? Cách mắc nào có số đèn nhiều nhất? Cách mắc nào có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất? Tính giá trị nhỏ nhất này.

Bài giải

Gọi N là tổng số bóng đèn; m là số dãy; n là số bóng trên mỗi dãy.

Ta có: $mn = N$ $(m, n \in N^*)$

- Công suất mạch ngoài: $P_n = NP_đ = 3N$ (1) ($P_đ$: công suất của 1 đèn)



Mặt khác: $P_n = UI = (E - Ir)I = (48 - 3I)I = 48I - 3I^2$ (2)

- Từ (1) và (2): $3I^2 - 48I + 3N = 0 \Leftrightarrow I^2 - 16I + N = 0$ (3)

và $I = mI_đ = 0,5m$ (4)

Thay (4) vào (3) ta được: $(0,5m)^2 - 16.0,5m + mn = 0$

$\Leftrightarrow m(0,25m - 8 + n) = 0 \Leftrightarrow 0,25m - 8 + n = 0$

$\Leftrightarrow m = 32 - 4n$ (*)

n	1	2	3	4	5	6	7
m	28	24	20	16	12	8	4

- Từ bảng ta trên thấy có tất cả 7 cách mắc và cách mắc gồm 16 nhánh, mỗi nhánh 4 bóng là có tổng số đèn nhiều nhất (64 bóng).

Chú ý: Nếu chỉ cần tìm số bóng đèn nhiều nhất thì từ phương trình (3):

$I^2 - 16I + N = 0$ ta tìm điều kiện nghiệm: $\Delta \geq 0 \Leftrightarrow 8^2 - N \geq 0 \Rightarrow N \leq 64$

$\Rightarrow N_{max} = 64$ bóng và $I = 8A$.

Mà $I = mI_đ \Rightarrow m = \frac{I}{I_đ} = \frac{8}{0,5} = 16$ (nhánh); $n = \frac{N}{m} = \frac{64}{16} = 4$ (bóng).

- Cách mắc có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất?
  + Công suất tiêu hao trong nguồn:

    $P = I^2r \Leftrightarrow P = (0,5m)^2.3 = 0,75m^2 \Rightarrow P_{min} \Leftrightarrow m_{min}$
  + Từ bảng trên ta thấy khi $m = m_{min} = 4$ thì $n = 7$.

Vậy: Cách mắc gồm 4 dãy, mỗi dãy 7 bóng sẽ có công suất tiêu hao trong nguồn nhỏ nhất: $P_{min} = 0,75.4^2 = 12W$.

Chú ý: Để tìm m_{min} ta cũng có thể bắt đầu từ biểu thức (*): $m = 32 - 4n$.

Điều kiện: $m > 0 \Rightarrow 32 - 4n > 0 \Rightarrow n < 7$ $(n \in N^*)$

$\Rightarrow m = m_{min}$ ứng với $n_{max} = 7 \Rightarrow m = 32 - 4.7 = 4$.

10.24. Nguồn $E = 36V$, $r = 4\Omega$ được dùng để thắp sáng 36 đèn giống nhau, mỗi đèn 3V – 3W.

a) Có bao nhiêu cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau?

b) Tìm cách mắc để các đèn sáng bình thường.

c) Tìm cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất. Tính công suất lớn nhất này và hiệu suất nguồn khi đó.

Bài giải

a) Số cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau

Ta có: Công suất tiêu thụ của đèn: $P = I^2R_Đ$.

Vì các đèn giống nhau nên để công suất tiêu thụ mỗi đèn bằng nhau thì dòng điện qua mỗi đèn phải bằng nhau.

– Xét trường hợp các đèn được mắc theo kiểu hỗn hợp đối xứng: Gọi m là số dãy, n là số bóng trên mỗi dãy, với: mn = 36 (m, n∈ N*)

n	1	2	3	4	6	9	12	18	36
m	36	18	12	9	6	4	3	2	1

Từ bảng trên ta thấy có tất cả 9 cách mắc: (n = 1; m = 36); (n = 2; m = 18); (n = 3; m = 12); (n = 4; m = 9); (n = 6; m = 6); (n = 9; m = 4); (n = 12; m = 3); (n = 18; m = 2); (n = 36; m = 1).

Vậy: Có 9 cách mắc các đèn để công suất tiêu thụ trên mỗi đèn bằng nhau.

b) Cách mắc để các đèn sáng bình thường

– Để đèn sáng bình thường thì dòng điện qua mỗi đèn phải bằng dòng điện định mức $I_{đm} = 1A$.

Ta có: Công suất của mạch ngoài: $P_n = 36P_đ = 36.3 = 108W$.

Mặt khác: $P_n = UI = (E - I.r)I = (36 - 4I)I = 36I - 4I^2$

$\Leftrightarrow 36I - 4I^2 = 108 \Leftrightarrow I^2 - 9I + 27 = 0$

– Vì phương trình trên vô nghiệm nên không có cách mắc nào để đèn sáng bình thường.

c) Cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất

– Công suất tiêu thụ của mỗi đèn: $P = I_đ^2R_đ$.

Vì $R_đ$ = const nên $P = P_{max}$ khi $I_đ = I_{đmax}$.

– Ta có: $I_đ = \frac{I}{m}$ (I là dòng điện qua mạch chính, $I_đ$ là dòng điện qua mỗi đèn).

Mặt khác: $I = \frac{E}{R_N + r}$, $(R_N = \frac{nR_Đ}{m})$

$$\Rightarrow I = \frac{E}{\frac{R_Đn}{m} + r} \Rightarrow I_đ = \frac{E}{R_Đn + mr}$$

Suy ra: $I_{đmax}$ khi $(R_Đn + mn)_{min}$.

– Từ bất đẳng thức Cô–si, ta có: $R_Đn + mr \geq \sqrt{R_Đn.mr}$

$$\Rightarrow (R_Đn + mn)_{min} \text{ khi } R_Đn = mr \Rightarrow \frac{m}{n} = \frac{R_Đ}{r} \quad (1)$$

Mặt khác: mn = 36 (2)

Từ (1) và (2): $\frac{R_Đ}{r}.n^2 = 36 \Rightarrow n = 6\sqrt{\frac{r}{R_Đ}}$

Với $r = 4, r_Đ = 3 \Rightarrow n = 6\sqrt{\frac{4}{3}} \approx 6,9 \notin N$.

Vì trường hợp này n không phải là số nguyên, nên ta chọn n nguyên lân cận giá trị 6,9 thỏa mãn: mn = 36 ⇒ n = 6 và m = 6.

Khi đó: $I_đ = \frac{36}{3.6 + 6.4} = \frac{6}{7}A \Rightarrow P = (\frac{6}{7})^2.3 = 2,204W$

Hiệu suất của nguồn: $H = \frac{U}{E} = 1 - \frac{Ir}{E}$, với $I = mI_đ = 6.\frac{6}{7} = \frac{36}{7}A$.

$$\Rightarrow H = 1 - \frac{\frac{36}{7}4}{36} = 0,4286 = 42,86\%$$

Vậy: Cách mắc để công suất tiêu thụ mỗi đèn lớn nhất là mắc 36 nguồn thành 6 dãy, mỗi dãy 6 đèn; công suất lớn nhất là $P_{max} = 2,204W$ và hiệu suất nguồn khi đó là H = 42,86%.

10.25. Nguồn điện E = 12V, r = 2Ω. Mạch ngoài là các đèn loại 3V–3W mắc hỗn tạp. Xác định số đèn và cách mắc đèn để chúng sáng bình thường.

Bài giải

Gọi m là số dãy, n là số bóng trên mỗi dãy, tổng số bóng đèn là:

N = mn (m, n ∈ N*)

– Công suất mạch ngoài: $P_n = NP_đ = 3N = 3mn$ (1)

– Mặt khác: $P_n = U_nI = (E - Ir)I = (12 - 2I)I = 12I - 2I^2$ (2)

– Từ (1) và (2): $3mn = 12I - 2I^2$ (3)

Mà: $I = mI_đ = m$ (4)

Thay (4) vào (3) ta được:

$3mn = 12m - 2m^2 \Leftrightarrow 2m = 12 - 3n \Rightarrow m = \frac{12 - 3n}{2}$

n	1	2	3
m	4,5	3	1,5

Vậy: Số đèn là 6; cách mắc: 3 dãy, mỗi dãy 2 đèn.

10.26. Nguồn E = 24V, r = 1,5Ω được dùng để thắp sáng bình thường 12 đèn 3V–3W cùng với 6 đèn 6V–6W.

a) Tìm cách mắc đèn.

b) Tính công suất và hiệu suất của nguồn.

Bài giải

a) Cách mắc đèn

Vì 6 đèn 6V–6W tương đương với 12 đèn 3V–3W nên coi như có tất cả 24 đèn 3V–3W.

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy (mn = 24).

– Công suất mạch ngoài: $P_n = 24.3 = 72W$ (1)

– Mặt khác: $P_n = UI = (E - Ir)I = (24 - 1,5I)I = 24I - 1,5I^2$ (2)

$\Leftrightarrow 1,5I^2 - 24I + 72 = 0 \Rightarrow I = 12A$ hoặc $I = 4A$.

– Mà: $I = mI_d \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} 12 = m.1 \\ 4 = m.1 \end{array}\right. \Rightarrow m = 12; m = 4.$

* Với m = 12 dãy $\Rightarrow n = \frac{24}{12} = 2$ bóng: Trường hợp này chỉ có 1 cách mắc duy nhất là trên mỗi dãy chỉ có 1 bóng 6V–6W hoặc 2 bóng 3V–3W.

* Với m = 4 dãy $\Rightarrow n = \frac{24}{4} = 6$ bóng: Trường hợp này ứng với 5 cách mắc (bằng cách hoán vị giữa các bóng loại 3V – 3W và 6V – 6W).

Vậy: Có tất cả 6 cách mắc để các đèn trên sáng bình thường.

b) Công suất và hiệu suất của nguồn

– Với $m = 12 \Rightarrow P = EI = 24.12 = 288W$ và $H = \frac{U}{E} = \frac{2.3}{24} = 0,25 = 25\%$.

– Với $m = 4 \Rightarrow P = EI = 24.4 = 96W$ và $H = \frac{U}{E} = \frac{6.3}{24} = 0,75 = 75\%$.

Vậy: Công suất và hiệu suất của nguồn là 288W; 25% hoặc 96W; 75%.

10.27. Có 12 nguồn, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 3\Omega$. Các nguồn mắc thành bộ nguồn đối xứng rồi nối với điện trở $R = 6\Omega$.

a) Tìm cách mắc nguồn để công suất tiêu thụ của R lớn nhất. Tính công suất này.

b) Tìm cách mắc để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất. Tính công suất này.

Bài giải

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy, ta có: mn = 12.

và $E_b = nE_0 = 1,5n$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{3n}{m}$.

a) Cách mắc nguồn để công suất tiêu thụ của R lớn nhất

– Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{6 + \frac{3n}{m}} = \frac{1,5nm}{6m + 3n}$

$\Rightarrow I = \frac{18}{6m+3n} = \frac{18m}{6m^2 + 3mn} = \frac{18m}{6m^2 + 3.12} = \frac{3m}{m^2 + 6}$

– Công suất tiêu thụ trên R: $P = RI^2 = 6.(\frac{3m}{m^2+6})^2 = 6.\left(\frac{3}{m + \frac{6}{m}}\right)^2$

Để $P = P_{max}$ thì $(m + \frac{6}{m})_{min} \Leftrightarrow m = \frac{6}{m} \Rightarrow m = 2,45$.

– Vì m nguyên nên: $m = 2 \Rightarrow n = 6$; $m = 3 \Rightarrow n = 4$.

+ Với $m = 2 \Rightarrow P_{max} = 2,16W$.

+ Với $m = 3 \Rightarrow P_{max} = 2,16W$.

Vậy: Để công suất tiêu thụ trên R cực đại thì phải mắc nguồn thành 2 hoặc 3 dãy và $P_{max} = 2,16W$.

b) Cách mắc để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất

– Công suất tiêu hao của mỗi nguồn:

$P' = r_0.\left(\frac{I}{m}\right)^2 = 3(\frac{3}{m^2+6})^2 \Rightarrow P' = P'_{min}$ khi $(m^2 + 6)_{max}$

Mà $mn = 12 \Rightarrow m_{max} = 12$ và $n_{min} = 1$.

Vậy: Để công suất tiêu hao của mỗi nguồn nhỏ nhất thì phải mắc nguồn thành 12 dãy và:

$P'_{min} = 3.(\frac{3}{12^2+6})^2 = 1,2.10^{-3}W = 0,0012W$

10.28. Các nguồn giống nhau, mỗi nguồn $E_0 = 1,5V$, $r_0 = 1,5\Omega$ mắc thành bộ đối xứng thắp sáng bình thường đèn 12V – 18W.

a) Tìm cách mắc nguồn.

b) Cách mắc nào có số nguồn ít nhất. Tính công suất và hiệu suất mỗi nguồn lúc đó.

Bài giải

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy $(m, n \in N^*)$.

và $E_b = nE_0 = 1,5n$; $r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{1,5n}{m}$

– Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{12^2}{18} = 8\Omega$.

– Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{18}{12} = 1,5A$.

a) Cách mắc nguồn

Ta có: $E_b = U_đ + Ir_b \Leftrightarrow 1,5n = 12 + 1,5.\dfrac{1,5n}{m} \Leftrightarrow 1,5n.(1 - \dfrac{1,5}{m}) = 12$

$$\Rightarrow n = \frac{16}{2 - \dfrac{3}{m}} = \frac{8.(2 - \dfrac{3}{m}) + \dfrac{24}{m}}{2 - \dfrac{3}{m}} = 8 + \frac{24}{2m - 3}$$

Vì m, n là số nguyên dương nên (2m – 3) là ước của 24, mà (2m – 3) là số lẻ nên (2m – 3) có thể bằng 1 hoặc 3: $\left[\begin{array}{l} m = 2 \\ m = 3 \end{array}\right. \Leftrightarrow \left[\begin{array}{l} n = 32 \\ n = 16 \end{array}\right.$

Vậy: Để đèn sáng bình thường, ta cần 64 nguồn mắc thành 2 dãy hoặc 48 nguồn mắc thành 3 dãy.

b) Cách mắc có số nguồn ít nhất

- Theo câu a) thì cách mắc thành 3 dãy, mỗi dãy 16 nguồn là cách có số nguồn ít nhất: 48 nguồn.
- Công suất của mỗi nguồn: $P = E_0.\dfrac{I}{3} = 1,5.\dfrac{1,5}{3} = 0,75\,W$.
- Hiệu suất của nguồn: $H = \dfrac{P'}{P} = \dfrac{r_0(\dfrac{I}{3})^2}{E_0.\dfrac{I}{3}} = \dfrac{r_0 I}{3E_0} = \dfrac{1,5.1,5}{3.1,5} = 0,5 = 50\%$.

Vậy: Công suất và hiệu suất của mỗi nguồn ứng với cách mắc có số nguồn ít nhất là 0,75W và 50%.

10.29. Có N = 60 nguồn điện giống nhau, mỗi nguồn E = 1,5V, r = 0,6Ω ghép thành bộ gồm m dãy song song, mỗi dãy n nguồn nối tiếp. Mạch ngoài là điện trở R = 1Ω. Tính m, n để:

a) Công suất tiêu thụ mạch ngoài lớn nhất. Tính công suất này.

b) Công suất tiêu thụ mạch ngoài không nhỏ hơn 36W.

Bài giải

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy: mn = 60 (m, n ∈ N^*).

và $E_b = nE = 1,5n$; $r_b = \dfrac{nr}{m} = \dfrac{0,6n}{m}$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$$I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{1 + \dfrac{0,6n}{m}} = \frac{1,5mn}{m + 0,6n} \Leftrightarrow I = \frac{90}{m + \dfrac{0,6.60}{m}} = \frac{90m}{m^2 + 36} = \frac{90}{m + \dfrac{36}{m}}$$

a) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài: $P = RI^2 = \dfrac{90^2}{(m + \dfrac{36}{m})^2}$.

Để $P = P_{max}$ thì $(m + \dfrac{36}{m})_{min} \Leftrightarrow m = 6$ (dựa vào bất đẳng thức Cô–si).

Lúc đó: n = 10 và $P = P_{max} = \dfrac{90^2}{(6 + \dfrac{36}{6})^2} = 56,25W$.

Vậy: Khi công suất tiêu thụ mạch ngoài lớn nhất thì m = 6; n = 10 và P_{max} = 56,25W.

b) Công suất tiêu thụ mạch ngoài: $P = \dfrac{90^2}{(m + \dfrac{36}{m})^2}$.

Để $P \geq 36W \Leftrightarrow \dfrac{90^2}{(m + \dfrac{36}{m})^2} \geq 36 \Leftrightarrow m + \dfrac{36}{m} \leq 15$

$\Leftrightarrow m^2 - 15m + 36 \leq 0 \Rightarrow 3 \leq m \leq 12$.

m	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	20	15	12	10	$\frac{60}{7}$	$\frac{15}{2}$	$\frac{20}{3}$	6	$\frac{60}{11}$	5

Vậy: Để P ≥ 36W thì m = 3, 4, 5, 6, 10, 12 và n = 20, 15, 12, 10, 6, 5: 6 trường hợp.

10.30. Có một số nguồn, mỗi nguồn e = 4.5V, r = 3Ω.

a) Phải mắc nối tiếp bao nhiêu nguồn để thắp sáng bình thường hai đèn loại 120V–60W mắc song song.

b) Dùng 60 nguồn trên mắc thành bộ, mạch ngoài là dây dẫn $\rho = 1,26.10^{-6}\Omega m$, $l = 2m$, $S = 0,1mm^2$.Tìm sơ đồ mắc nguồn để dòng điện qua dây lớn hơn 1A.

Bài giải

a) Số nguồn cần mắc nối tiếp để thắp sáng bình thường hai đèn loại 120V–60W mắc song song

Gọi n là số nguồn cần mắc nối tiếp, ta có: $E_b = ne = 4,5n$; $r_b = nr = 3n$.

Cường độ dòng điện qua đèn: $I = \dfrac{P_{dm}}{U_{dm}} = \dfrac{60}{120} = 0,5\,A$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = 2I_đ = 2.0,5 = 1A$.

Hiệu điện thế 2 đầu của đèn: $U_đ = E_b - r_b I \Leftrightarrow 120 = 4,5n - 3n = 1,5n \Rightarrow n = 80$

Vậy: Cần 80 nguồn mắc nối tiếp để thắp sáng bình thường hai đèn trên.b) Sơ đồ mắc nguồn để dòng điện qua dây lớn hơn 1A

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy, ta có: $mn = 60$ $(m, n \in N^*)$.

và $E_b = ne = 4{,}5n; r_b = \frac{nr}{m} = \frac{3n}{m}$

Điện trở của dây dẫn: $R = \rho\frac{l}{S} = 1{,}26.10^{-6}.\frac{2}{0{,}1.10^{-6}} = 25{,}2\Omega$.

Cường độ dòng điện qua dây dẫn:

$$I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{4{,}5n}{25{,}2 + \frac{3n}{m}} = \frac{4{,}5m.n}{25{,}2m + 3n} = \frac{270}{25{,}2m + 3n}$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{270}{25{,}2m + 3.\frac{60}{m}} = \frac{270m}{25{,}2m^2 + 180}$$

Để dòng điện qua dây lớn hơn 1A: $I = \frac{270m}{25{,}2m^2 + 180} > 1$

$\Leftrightarrow 25{,}2m^2 - 270m + 180 < 0 \Rightarrow 0{,}714 < m < 10$.

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	60	30	20	15	12	10	$\frac{60}{7}$	$\frac{60}{8}$	$\frac{60}{9}$

Vậy: Để I > 1A thì m = 1, 2, 3, 4, 5, 6; n = 60, 30, 20, 15, 12, 10: có 6 cách mắc.

10.31. Cần tối thiểu bao nhiêu nguồn 6V–1Ω để mắc thành bộ và thắp sáng bình thường bóng đèn 6V–24W. Nêu cách mắc bộ nguồn này.

Bài giải

- Ta có: $I_đ = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{24}{6} = 4\,A; R_đ = \frac{U^2_{dm}}{P_{dm}} = \frac{6^2}{24} = 1{,}5\Omega$.

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy, ta có:

$E_b = mE = 6m; r_b = \frac{mr}{n} = \frac{m}{n}$

- Mặt khác: $I = \frac{E_b}{R_d + r_b} = \frac{6m}{1{,}5 + \frac{m}{n}}$
- Để đèn sáng bình thường thì $I = I_đ = 4A$.

$$\Leftrightarrow 4 = \frac{6m}{1{,}5 + \frac{m}{n}} \Leftrightarrow 4m + 6n = 6mn \Rightarrow m = 1 + \frac{4}{6n - 4}$$

Vì m là số nguyên nên (6n – 4) phải là ước số của 4 ⇒ n = 1 và m = 3.

Vậy: Có 3 nguồn mắc nối tiếp nhau.

10.32. Bộ nguồn gồm m dãy, mỗi dãy 5 acquy loại 2V–0,8Ω. Mạch ngoài là bóng đèn 2V–25W và điện trở R mắc song song.

Tìm giá trị nhỏ nhất của m và giá trị R tương ứng để đèn sáng bình thường.

Bài giải

Ta có: $E_b = 5.2 = 10V; r_b = \frac{5.0{,}8}{m} = \frac{4}{m}$.

Cường độ dòng điện qua đèn: $I_đ = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{25}{2} = 12{,}5\,A$.

Điện trở của đèn: $R_đ = \frac{U^2_{dm}}{P_{dm}} = \frac{2^2}{25} = 0{,}16\Omega$.

Cường độ dòng điện qua điện trở R: $I_R = \frac{U_đ}{R} = \frac{2}{R}$.

Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = I_đ + I_R = 12{,}5 + \frac{2}{R}$.

Hiệu điện thế hai đầu của nguồn: $U = U_đ = E_b - r_bI$.

$\Leftrightarrow 2 = 10 - \frac{4}{m}.(12{,}5 + \frac{2}{R}) \Leftrightarrow 2m = 12{,}5 + \frac{2}{R}$

Vì m nguyên nên $(12{,}5 + \frac{2}{R})$ phải chia hết cho 2. Với m nhỏ nhất thì $(12{,}5 + \frac{2}{R})$ nhỏ nhất: $12{,}5 + \frac{2}{R} = 14 \Rightarrow m = 7$ và $R = \frac{2}{14 - 12{,}5} = \frac{4}{3}\Omega$

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì giá trị nhỏ nhất của m là 7 và $R = \frac{4}{3}\Omega$.

10.33. Có 32 pin giống nhau, mỗi pin $e = 1{,}5V$, $r_0 = 1{,}5\Omega$ mắc thành bộ và thắp sáng bình thường 12 đèn loại 1,5V – 0,75W mắc nối tiếp. Tìm sơ đồ mắc bộ nguồn.

Bài giải

Gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy, ta có: $mn = 32$.

và $E_b = ne = 1{,}5n; r_b = \frac{nr_0}{m} = \frac{1{,}5n}{m}$

Cường độ dòng điện qua đèn: $I_đ = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{0{,}75}{1{,}5} = 0{,}5\,A$.

Điện trở của mỗi đèn: $R_đ = \frac{U^2_{dm}}{P_{dm}} = \frac{1{,}5^2}{0{,}75} = 3\Omega$.

Hiệu điện thế 2 đầu của bộ nguồn: $U = E_b - r_bI$

$$\Leftrightarrow 12.1,5 = 1,5n - \frac{1,5n}{m}.0,5 \Leftrightarrow 18m = 1,5m.n - 0,75n$$

$$\Leftrightarrow 18m + 0,75n - 48 = 0 \Leftrightarrow 18m + 0,75\frac{32}{m} - 48 = 0$$

$$\Leftrightarrow 18m^2 - 48m + 24 = 0 \Rightarrow m = 2;\ m = \frac{2}{3}\ \text{(loại)}.$$

Vậy: Phải mắc nguồn thành 2 dãy, mỗi dãy 16 pin.

10.34. Có n acquy ($e = 8V$, $r_0 = 2\Omega$) mắc thành y dãy song song, mỗi dãy x cái nối tiếp.

a) Mạch ngoài là $R = 2\Omega$ nối tiếp với đèn 12V–24W. Tính số acquy ít nhất và cách mắc để đèn sáng bình thường.

b) Mạch ngoài là các đèn 4V–4W, bộ acquy mắc như câu a. Tìm số đèn tối đa và cách mắc để chúng sáng bình thường.

Bài giải

Ta có: $E_b = xe = 8x$; $r_b = \frac{xr_0}{y} = \frac{2x}{y}$; với $xy = n$: tổng số acquy.

a) Số acquy ít nhất và cách mắc để đèn sáng bình thường

Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{24}{12} = 2\,A$.

Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{12^2}{24} = 6\Omega$.

Cường độ dòng điện trong mạch chính:

$$I = \frac{E_b}{R + R_d + r_b} = \frac{8x}{2 + 6 + \frac{2x}{y}} = \frac{8x}{8 + \frac{2x}{y}} = 2A \Leftrightarrow 4x = 8 + \frac{2x}{y} \Rightarrow x = 2 + \frac{2}{2y-1}$$

Vì x là số nguyên nên (2y–1) là ước số của 2:

$$\Rightarrow \left[\begin{array}{l} 2y - 1 = 1 \\ 2y - 1 = 2 \end{array}\right. \Rightarrow y = 1;\ y = 1,5\ \text{(loại)}$$

Với $y = 1 \Rightarrow x = 4$ và $n = 4$.

Vậy: Cần ít nhất 4 acquy mắc nối tiếp để đèn sáng bình thường.

b) Số đèn tối đa và cách mắc để chúng sáng bình thường

Cường độ dòng điện của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{4}{4} = 1\,A$.

Điện trở của đèn: $R_d = \frac{U_{dm}^2}{P_{dm}} = \frac{4^2}{4} = 4\,\Omega$.

Gọi m là số dãy, n là số đèn trên mỗi dãy, ta có:

+ Hiệu điện thế 2 đầu bộ đèn: $U = n.4 = 4n$.

+ Cường độ dòng điện qua bộ đèn: $I = 1.m = m$.

+ Điện trở tương đương của bộ đèn: $R = \frac{4n}{m}$.

$\Rightarrow U = E_b - r_bI \Leftrightarrow 4n = 32 - 8m \Leftrightarrow n = 8 - 2m$.

Vì m, n nguyên dương nên $(8 - 2m) > 0 \Rightarrow m < 4$.

m	1	2	3
n	6	4	2
N = mn	6	8	6

Vậy: Số đèn tối đa là 8 và được mắc thành 2 dãy, mỗi dãy 4 đèn.

10.35. Có một số đèn 3V–3W và một số nguồn $e = 4V$, $r_0 = 1\Omega$.

a) Cho 8 đèn, tìm số nguồn ít nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường. Cách nào có lợi nhất?

b) Cho 15 nguồn, tìm số đèn nhiều nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường. Cách nào có lợi nhất?

Bài giải

a) Số nguồn ít nhất và cách mắc đèn, nguồn để đèn sáng bình thường

Gọi x là số dãy, y là số đèn trên mỗi dãy: $xy = 8$; gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy: $mn = k$.

Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{3}{3} = 1\,A$.

Cường độ dòng điện trong mạch: $I = xI_d = x$.

Hiệu điện thế hai đầu bộ đèn: $U = yU_d = 3y$ và $E_b = ne = 4n$; $r_b = \frac{n.r}{m} = \frac{n}{m}$

Ta có: $E_b = U + r_bI \Leftrightarrow 4n = 3y + \frac{n}{m}.x \Leftrightarrow 4mn = 3my + nx$

Vì: $3my + nx \geq 2\sqrt{3my.nx} = 2\sqrt{24m.n} \Rightarrow 4mn \geq 2\sqrt{24mn} \Rightarrow mn \geq 6$

Từ đó: $k = k_{min} = 6$ khi $3my = nx = \frac{4mn}{2} = \frac{4.6}{2} = 12 \Rightarrow n = \frac{12}{x}$

x	1	2	4	8
y	8	4	2	1
n	12	6	3	/
m	0,5	1	2	/

Vậy: Để đèn sáng bình thường, ta có thể mắc:

+ Một dãy 6 nguồn và 2 dãy đèn.

+ Hai dãy, mỗi dãy 3 nguồn và 4 dãy, mỗi dãy 2 đèn.

Hiệu suất trong 2 trường hợp:

$$H_1 = \frac{U_1}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.4}{4.6} = 0{,}5 = 50\%$$

$$H_2 = \frac{U_2}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.2}{4.3} = 0{,}5 = 50\%$$

Vậy: Hiệu suất trong 2 cách là như nhau.

b) Số đèn nhiều nhất và cách mắc đèn nguồn để đèn sáng bình thường

Tương tự câu trên, ta có: $4mn = 3my + nx$

$$\Leftrightarrow 3my + nx \geq 2\sqrt{3mynx} = 2\sqrt{3.15xy} = 2\sqrt{45xy}$$

$$\Leftrightarrow 4mn \geq 2\sqrt{45xy} \Leftrightarrow 4.15 \geq 2\sqrt{45xy}$$

$$\Rightarrow L = xy \leq 20 \Rightarrow L_{max} = 20$$

Lúc đó: $3my = nx = \frac{4mn}{2} = \frac{4.15}{2} = 30 \Rightarrow x = \frac{30}{n}$.

n	1	3	5	15
m	15	5	3	1
x	30	10	6	2
y	/	2	/	10

Vậy: Để đèn sáng bình thường thì ta có thể mắc:

+ 1 dãy 15 nguồn và 2 dãy, mỗi dãy 10 đèn

+ 5 dãy, mỗi dãy 3 nguồn và 10 dãy, mỗi dãy 2 đèn.

Hiệu suất trong hai trường hợp:

$$H_1 = \frac{U_1}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{30}{4.15} = 0{,}5 = 50\%$$

$$H_2 = \frac{U_2}{E_b} = \frac{3y}{4n} = \frac{3.2}{4.3} = 0{,}5 = 50\%$$

Vậy: Hiệu suất trong 2 cách là như nhau.

10.36. Các nguồn 12V – 2Ω mắc thành bộ, dùng để thắp sáng bình thường 6 đèn 30V–30W.

– Nêu các cách mắc nguồn và đèn.

– Cách nào sử dụng ít nguồn nhất ?

– Cách nào có hiệu suất cao nhất ?

Bài giải

Gọi x là số dãy, y là số đèn trên mỗi dãy, ta có: xy = 6; gọi m là số dãy, n là số nguồn trên mỗi dãy, ta có: mn = k.

Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_d = \frac{P_{dm}}{U_{dm}} = \frac{30}{30} = 1\,A$.

Cường độ dòng điện trong mạch: $I = x.I_d = x$.

Hiệu điện thế hai đầu bộ đèn: $U = y.U_d = 30y$.

và $E_b = ne = 12n$; $r_b = \frac{nr}{m} = \frac{2n}{m}$

Ta có: $E_b = U + r_bI \Leftrightarrow 12n = 30y + \frac{2n}{m}.x$

$$\Leftrightarrow 12mn = 30my + 2nx \Leftrightarrow n(6m - x) = 15my$$

$$\Rightarrow n = \frac{15my}{6m - x} = \frac{15y}{6 - \frac{x}{m}}$$

* Trường hợp 1: $x = 6, y = 1 \Rightarrow n = \frac{15}{6 - \frac{6}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{6}{m})$ phải là ước số của 15.

$6-\frac{6}{m}$	15	5	3	1
m	/	6	2	/
n	/	3	5	/

* Trường hợp 2: $x = 3, y = 2 \Rightarrow n = \frac{30}{6 - \frac{3}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6 - \frac{3}{m})$ phải là ước số của 30.

$6-\frac{3}{m}$	30	15	5	3	2	1
m	/	/	3	1	/	/
n	/	/	6	10	/	/

* Trường hợp 3: $x = 2, y = 3 \Rightarrow n = \frac{45}{6 - \frac{2}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6-\frac{2}{m})$ phải là ước số của 45.

$6-\frac{2}{m}$	45	15	9	5	3	1
m	/	/	/	2	/	/
n	/	/	/	15	/	/

* Trường hợp 4: $x = 1, y = 6 \Rightarrow n = \frac{90}{6-\frac{1}{m}}$.

Vì n nguyên nên $(6-\frac{1}{m})$ phải là ước số của 90.

$6-\frac{1}{m}$	90	45	30	18	15	9	6	3	2	1
m	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
n	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Vậy: Có 5 cách mắc nguồn và đèn:

- + Cách 1: Mắc 6 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 6 dãy, mỗi dãy 3 nguồn.
- + Cách 2: Mắc 6 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 2 dãy, mỗi dãy 5 nguồn.
- + Cách 3: Mắc 3 dãy, mỗi dãy 1 đèn; mắc 3 dãy, mỗi dãy 6 nguồn.
- + Cách 4: Mắc 3 dãy, mỗi dãy 2 đèn; mắc 1 dãy, mỗi dãy 10 nguồn.
- + Cách 5: Mắc 2 dãy, mỗi dãy 3 đèn; mắc 2 dãy, mỗi dãy 15 nguồn.

Từ kết quả trên ta thấy: Cách 2 và cách 4 sử dụng ít nguồn nhất là 10 nguồn.

Tính hiệu suất: Ta có: $H = \frac{U}{E} = \frac{30y}{12n}$.

+ Cách 1: $H_1 = \frac{30.1}{12.3} = 0,83 = 83\%$.

+ Cách 2: $H_2 = \frac{30.1}{12.5} = 0,5 = 50\%$.

+ Cách 3: $H_3 = \frac{30.2}{15.6} = 0,67 = 67\%$.

+ Cách 4: $H_4 = \frac{30.2}{15.10} = 0,4 = 40\%$.

+ Cách 5: $H_5 = \frac{30.3}{15.15} = 0,4 = 40\%$.

Vậy: Cách có hiệu suất cao nhất là cách 1.

10.37. Nguồn công suất không đổi P = 12kW, điện trở trong r = 2Ω cung cấp điện cho một số đèn giống nhau 120V – 50W mắc song song, điện trở đường dây tải là 4Ω.

a) Số đèn là bao nhiêu để công suất tiêu thụ mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức.

b) Với số đèn trên, suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng nào ?

Bài giải

Gọi m là số đèn mắc song song.

Ta có: Công suất của nguồn bằng tổng công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất hao phí ở trong nguồn:

$$P_n = mP_d + I^2(R + r) \qquad (1)$$

với: $I = mI_d \Rightarrow P_n = mP_d + m^2.\frac{P_d}{R_d}(R + r) \Leftrightarrow 12000 = mP_d + m^2.\frac{P_d(4+2)}{288}$

$$\Leftrightarrow \frac{P_d}{48}.m^2 + P_d.m - 12000 = 0 \qquad (2)$$

Vì công suất tiêu thụ của mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức nên: $(50 - 0,04.50) \leq P_d \leq (50 + 0,04.50) \Leftrightarrow 48 \leq P_d \leq 52$

+ Thay $P_d = 48W$ vào (2), ta được: $m^2 + 48m - 12000 = 0$

$\Rightarrow m_1 = 88,14; m_2 = -136,14 < 0$ (loại)

+ Thay $P_d = 52W$ vào (2), ta được: $\frac{52}{48}m^2 + 52m - 12000 = 0$

$\Rightarrow m'_1 = 83,9; m'_2 = -131,9 < 0$ (loại)

$\Rightarrow 83,9 \leq m \leq 88,14$

Vì m nguyên nên m = 84, 85, 86, 87, 88.

Vậy: Để công suất tiêu thụ mỗi đèn chênh lệch không quá 4% công suất định mức thì m = 84, 85, 86, 87, 88.

b) Suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng nào?

Ta có: $P_{ng} = EI = \frac{E^2}{R_N + r} \Rightarrow E = \sqrt{P_{ng}(R_N + r)}$, với $R_N = R + \frac{R_d}{m}$.

- Với $m = 84 \Rightarrow R_N = 4 + \frac{288}{84} \Rightarrow E = \sqrt{12000.(4 + \frac{288}{84} + 2)} \approx 336,4\,V$.

- Với $m = 88 \Rightarrow R_N = 4 + \frac{288}{88} \Rightarrow E = \sqrt{12000.(4 + \frac{288}{88} + 2)} \approx 333,6\,V$.

Vậy: Suất điện động của nguồn thay đổi trong khoảng: $333,6V \leq E \leq 336,4V$.

10.38. Dùng một acquy lần lượt thắp sáng cho hai đèn Đ₁, Đ₂ có cùng công suất định mức. Khi dùng đèn Đ₁, công suất của acquy là $P_1 = 6W$; khi dùng đèn Đ₂, công suất của acquy là $P_2 = 4W$. Trong cả hai trường hợp đèn đều sáng bình thường.

a) Tìm công suất định mức mỗi đèn.

b) Tìm công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài.

Bài giải

Gọi R_1, R_2 lần lượt là điện trở của đèn 1 và đèn 2; I_1, I_2 lần lượt là dòng điện định mức của đèn 1 và đèn 2; r là điện trở trong của acquy.

– Ta có: $P_1 = P_đ + I_1^2 r$ (1)

$P_2 = P_đ + I_2^2 r$ (2)

– Mặt khác: $I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \Rightarrow I_2^2 = I_1^2 \dfrac{R_1}{R_2}$.

– Thay vào (2), ta được: $P_2 = P_đ + I_1^2 r.\dfrac{R_1}{R_2}$ (3)

– Từ (1) suy ra: $I_1^2 r = P_1 - P_đ$ (4)

– Thay vào (3), ta được: $P_2 = P_đ + (P_1 - P_đ)\dfrac{R_1}{R_2}$

$$\Leftrightarrow 4 = P_đ + (6 - P_đ)\frac{R_1}{R_2} \Leftrightarrow 4 = P_đ + 6\frac{R_1}{R_2} - P_đ\frac{R_1}{R_2} \Rightarrow P_đ = \frac{4 - 6\dfrac{R_1}{R_2}}{1 - \dfrac{R_1}{R_2}}.$$

– Mặt khác: $I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2 \Leftrightarrow (\dfrac{P_1}{E})^2 R_1 = (\dfrac{P_2}{E})^2 R_2$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2^2}{P_1^2} = \frac{4^2}{6^2} = \frac{4}{9} \Rightarrow P_đ = \frac{4 - 6\dfrac{4}{9}}{1 - \dfrac{4}{9}} = 2{,}4\,W.$$

Vậy: Công suất định mức của mỗi đèn là $P_đ = 2{,}4W$.

b) Công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài

– Công suất của acquy: $P = UI = (E - Ir)I = EI - rI^2$.

$$\Rightarrow P = \frac{E.E}{r + R_N} - r.\frac{E^2}{(r + R_N)^2} = E^2\left(\frac{1}{r + R_N} - \frac{r}{(r + R_N)^2}\right) = \frac{E^2 R_N}{(r + R_N)^2}$$

$\Rightarrow P = P_{max} \Leftrightarrow r = R_N$ (R_N là điện trở mạch ngoài)

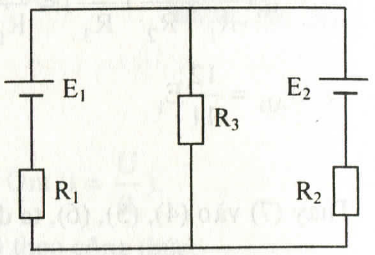
Khi đó: $P_{max} = \dfrac{E^2}{4r}$, với $E = \dfrac{P_1}{P_2} \Rightarrow P_{max} = \dfrac{P_1^2}{4I_1^2 r}$.

– Từ (4) ở câu a, ta có: $I_1^2 r = P_1 - P_đ = 6 - 2{,}4 = 3{,}6W \Rightarrow P_{max} = \dfrac{6^2}{4.3{,}6} = 2{,}5\,W$

Vậy: Công suất lớn nhất mà acquy có thể cung cấp cho mạch ngoài là $P_{max} = 2{,}5W$.

10.39. Cho mạch điện như hình vẽ: $r_1 = r_2 = 0$.

Khi không có nguồn E_2 (R_2 song song R_3) công suất nguồn E_1 là 55W. Còn khi không có nguồn E_1 (R_1 song song R_3) thì công suất nguồn E_2 là 176W. Biết $R_2 = 2R_1$, $R_3 = 3R_1$. Hỏi khi có cả hai nguồn thì công suất nhiệt trên toàn mạch là bao nhiêu? công suất máy phát là bao nhiêu? So sánh giá trị hai công suất này và giải thích tại sao chúng bằng nhau (hoặc khác nhau).



Bài giải

– Khi không có nguồn E_2, mạch ngoài gồm [R_1 nt (R_2 // R_3)]: Công suất nguồn E_1:

$$P_1 = E_1 I_1 = \frac{E_1^2}{R_1 + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} \Leftrightarrow P_1 = \frac{E_1^2}{R_1 + \dfrac{2R_1.3R_1}{5R_1}}$$

$\Rightarrow P_1 = \dfrac{E_1^2}{2{,}2R_1} = 55$ (1)

– Khi không có nguồn E_1, mạch ngoài gồm [R_1 nt (R_2 // R_3)]: Công suất nguồn E_2:

$$P_2 = E_2 I_2 = \frac{E_2^2}{R_2 + \dfrac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} \Leftrightarrow P_2 = \frac{E_2^2}{2R_1 + \dfrac{R_1.3R_1}{4R_1}}$$

$\Rightarrow P_2 = \dfrac{E_2^2}{2{,}75R_1} = 176$ (2)

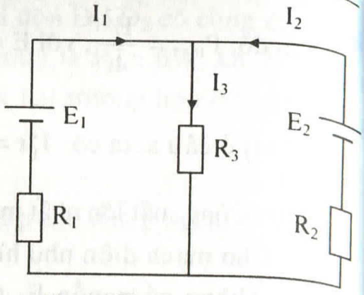
– Lấy (2) : (1), ta được: $\dfrac{E_2^2}{E_1^2} = \dfrac{176.2{,}75}{55.2{,}2} = 4 \Rightarrow E_2 = 2E_1$ (3)

– Khi có cả 2 nguồn, giả sử dòng điện trong mạch có chiều như hình vẽ:

Ta có: $I_1 = \dfrac{E_1 - U_{AB}}{R_1}$ (4)

$$I_2 = \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} \quad (5)$$

$$I_3 = \frac{U_{AB}}{R_3} \quad (6)$$



$$\text{mà}: I_1 + I_2 = I_3 \Leftrightarrow \frac{E_1 - U_{AB}}{R_1} + \frac{E_2 - U_{AB}}{R_2} = \frac{U_{AB}}{R_3}$$

$$\Leftrightarrow U_{AB}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) = \frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} \Leftrightarrow U_{AB}.\frac{11}{6R_1} = \frac{E_1}{R_1} + \frac{2E_1}{2R_1} = \frac{2E_1}{R_1}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = \frac{12}{11}E_1 \quad (7)$$

Thay (7) vào (4), (5), (6), ta được: $I_1 = \dfrac{E_1 - \dfrac{12}{11}E_1}{R_1} = \dfrac{-E_1}{11R_1}$

$$I_2 = \frac{2E_1 - \dfrac{12}{11}E_1}{2R_1} = \frac{5E_1}{11R_1};\ I_3 = \frac{\dfrac{12}{11}E_1}{3R_1} = \frac{4E_1}{11R_1}$$

Công suất nhiệt trên toàn mạch: $P = R_1I_1^2 + R_2I_2^2 + R_3I_3^2$

$$\Leftrightarrow P = R_1.\frac{E_1^2}{121R_1^2} + 2R_1.\frac{25E_1^2}{121R_1^2} + 3R_1.\frac{16E_1^2}{121R_1^2} = \frac{E_1^2}{R_1}\left(\frac{1}{121} + \frac{50}{121} + \frac{48}{121}\right)$$

$$\Rightarrow P = \frac{E_1^2}{R_1}.\frac{99}{121}$$

Từ (2), ta có: $\dfrac{E_1^2}{R_1} = 121 \Rightarrow P = 121.\dfrac{99}{121} = 99\,W.$

Công suất của máy phát: $P_2 = E_2I_2 = 2E_1.\dfrac{5}{11}.\dfrac{E_1}{R_1} = \dfrac{10}{11}.\dfrac{E_1^2}{R_1} = \dfrac{10}{11}.121 = 110\,W.$

Ta thấy $I_1 < 0$ nên phải đổi chiều dòng I_1, vậy nguồn E_1 là máy thu, E_2 là máy phát. Do đó 2 giá trị công suất này khác nhau.

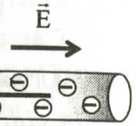
Vậy: Khi có cả hai nguồn thì công suất nhiệt trên toàn mạch là P = 99W; công suất máy phát là P_2 = 110W.

Chuyên đề 11:

DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Dòng điện trong kim loại



1. Bản chất: Dòng điện trong kim loại là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron ngược chiều điện trường ngoài.

2. Đặc điểm:

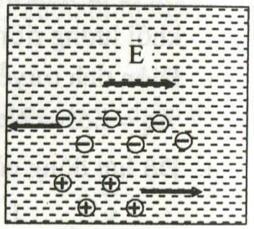
+ Hạt tải điện trong kim loại là êlectron.

+ Dòng điện trong kim loại tuân theo định luật Ôm ($I = \dfrac{U}{R}$).

+ Điện trở của kim loại phụ thuộc vào nhiệt độ theo công thức:

$R = R_0(1+\alpha t)$ hoặc $\rho = \rho_0(1+\alpha t)$.

II. Dòng điện trong chất điện phân



1. Bản chất: Dòng điện trong chất điện phân là dòng chuyển dời có hướng của các cation (ion dương) cùng chiều điện trường và các anion (ion âm), êlectron ngược chiều điện trường.

2. Đặc điểm:

+ Hạt tải điện trong chất điện phân là ion dương, ion âm và êlectron.

+ Dòng điện trong chất điện phân tuân theo định luật Ôm ($I = \dfrac{U}{R}$).

+ Điện trở của chất điện phân giảm khi nhiệt độ chất điện phân tăng và ngược lại.

3. Định luật Faraday: Khối lượng của chất thoát ra ở điện cực được xác định bằng công thức: $m = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A}{n}.It$

(F = 96500 C/mol là hằng số Faraday; A, n là nguyên tử khối và hóa trị của chất thoát ra; I, t là cường độ dòng điện và thời gian dòng điện qua chất điện phân).

III. Dòng điện trong chất bán dẫn

1. Bán dẫn tinh khiết: Dòng điện trong chất bán dẫn tinh khiết là dòng chuyển dời có hướng của các êlectron ngược chiều điện trường và các lỗ trống cùng chiều điện trường.

2. Bán dẫn tạp chất:

– Bán dẫn loại n: Trong bán dẫn loại n, êlecron là hạt tải điện chủ yếu còn lỗ trống là hạt tải điện không chủ yếu ($n_e >> n_+$).

– Bán dẫn loại p: Trong bán dẫn loại p, lỗ trống là hạt tải điện chủ yếu còn êlecron là hạt tải điện không chủ yếu ($n_+ >> n_e$).

– Các dụng cụ bán dẫn thường gặp là điốt bán dẫn và tranzito.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

1. *Khi giải các bài tập về dòng điện trong kim loại* cần chú ý các hệ thức về chuyển động có hướng của các êlectron trong kim loại với các đại lượng khác như:

+ Mật độ e: $n_0 = \dfrac{N}{V} = \dfrac{N}{Sl} = \dfrac{N}{S\overline{v}.\Delta t}$ (N là số e trong thể tích V).

hay $n_0 = nN' = n.N_A.\dfrac{m}{AV} = \dfrac{nN_AD}{A}$

(n, A là hóa trị và nguyên tử khối của kim loại; N_A là số Avôgađrô; D là khối lượng riêng của kim loại).

+ Điện tích truyền qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong thời gian t:

$\Delta q = I.\Delta t = Ne.\Delta t = n_0S\,\overline{v}.\Delta t.e$

+ Độ lưu động của các e:

$$\mu = \frac{\overline{v}}{E} = \frac{I}{n_0SeE} = \frac{Il}{n_0SeU} = \frac{l}{n_0SeR}, \text{(với } E = \frac{U}{d} = \frac{U}{l}\text{)}.$$

2. *Khi giải các bài tập về dòng điện trong chất điện phân* cần chú ý:

+ Sử dụng đúng công thức của định luật Faraday, nhớ khi F = 96500 C/mol thì m tính bằng gam (g), t tính bằng giây (s).

+ Kết hợp với các công thức khác như: m = DV (chất rắn);

$m = \dfrac{V(l)}{22{,}4}.\mu$ (đktc: chất khí, μ là phân tử khối của khí thoát ra);

$\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$, $PV = \dfrac{m}{\mu}RT$, $T(K) = t(^oC) + 273$ (chất khí)...

+ Đơn vị: $1atm = 1{,}013.10^5Pa$; $1l = 1000ml$...

C. CÁC BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG

1. DÒNG ĐIỆN TRONG KIM LOẠI

11.1. Một dây nhôm có nguyên tử khối là 27 và khối lượng riêng $2{,}7g/cm^3$, điện trở suất $3{,}44.10^{-8}\Omega m$. Biết nhôm có hóa trị 3 và thừa nhận mỗi nguyên tử nhôm giải phóng 3 êlectron tự do, hãy tính mật độ êlectron tự do của nhôm.

Bài giải

Gọi: m là khối lượng kim loại, V là thể tích khối kim loại,

D là khối lượng riêng của kim loại.

A là nguyên tử lượng của kim loại,

N là số êlectron tự do chứa trong khối kim loại.

Mật độ êlectron tự do trong kim loại: $n_0 = \dfrac{N}{V}$.

Vì mỗi nguyên tử kim loại giải phóng n êlectron tự do nên: $N = n.N_A\dfrac{m}{A}$

Do đó: $n_0 = \dfrac{n.N_A.m}{AV}$, với $D = \dfrac{m}{V} \Rightarrow n_0 = \dfrac{N_A.n.D}{A}$.

Mật độ êlectron tự do của nhôm:

$$n_0 = \frac{6{,}02.10^{23}.3.\dfrac{2{,}7}{10^{-6}}}{27} = 1{,}8.10^{29} \text{ (êlectron/m}^3\text{)}.$$

11.2. Độ lưu động của các êlectron tự do trong một kim loại được định nghĩa như sau: $\overline{v} = \mu E$

($\overline{v}$: vận tốc trung bình của các êlectron tự do; E: độ lớn cường độ điện trường trong kim loại).

Hãy thiết lập biểu thức của μ theo các đại lượng sau:

n_0: mật độ của êlectron tự do.

e: điện tích nguyên tố. *l*: chiều dài của dây dẫn kim loại.

S: điện tích của tiết diện dây kim loại.

R: điện trở của dây.

Bài giải

Ta có: $\overline{v} = \mu E \Rightarrow \mu = \dfrac{\overline{v}}{E}$.

Xét trong khoảng thời gian Δt, các êlectron tự do truyền qua tiết diện S được chứa trong hình trụ đáy S, đường cao $\Delta S = \overline{v}.\Delta t$.

Điện tích truyền qua tiết diện S trong khoảng thời gian Δt là:

$\Delta q = Ne = n_0Ve = n_0.S\overline{v}\Delta t.e$

Cường độ dòng điện là: $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = n_0S\overline{v}.e \Rightarrow \overline{v} = \dfrac{I}{n_0Se}$

Độ lưu động: $\mu = \dfrac{\overline{v}}{E} = \dfrac{I}{n_0SeE}$, với $E = \dfrac{U}{d} = \dfrac{U}{l}$, $R = \dfrac{U}{I}$.

$$\Rightarrow \mu = \frac{Il}{n_0SeU} = \frac{l}{n_0SeR}$$

Vậy: Biểu thức của $\mu = \dfrac{l}{n_0eSR}$.

11.3. Đồng có nguyên tử khối 63,5, khối lượng riêng 8,9g/cm^3 và điện trở suất $1{,}6.10^{-8}\Omega$m. Hãy tính:

a) Mật độ êlectron tự do của đồng (coi mỗi nguyên tử đồng giải phóng 1 êlectron tự do).

b) Độ lưu động của êlectron tự do bên trong kim loại đồng.

Bài giải

Gọi: m là khối lượng kim loại, V là thể tích khối kim loại,
D là khối lượng riêng của kim loại.
A là nguyên tử lượng của kim loại,
N là số êlectron tự do chứa trong khối kim loại.

– Mật độ êlectron tự do trong kim loại: $n_0 = \dfrac{N}{V}$.

– Vì mỗi nguyên tử kim loại giải phóng n êlectron tự do nên: $N = n.N_A\dfrac{m}{A}$.

Do đó: $n_0 = \dfrac{nN_Am}{AV}$, với $D = \dfrac{m}{V} \Rightarrow n_0 = \dfrac{N_AnD}{A}$

a) Mật độ êlectron tự do của đồng

Ta có: $n_0 = \dfrac{6{,}02.10^{23}.1.\dfrac{8{,}9}{10^{-6}}}{63{,}5} = 8{,}44.10^{28}$ (êlectron/m^3).

b) Độ lưu động của êlectron tự do bên trong kim loại đồng

Ta có: $\overline{v} = \mu E \Rightarrow \mu = \dfrac{\overline{v}}{E}$.

Xét trong khoảng thời gian Δt, các êlectron tự do truyền qua tiết diện S được chứa trong hình trụ đáy S, đường cao $\Delta S = \overline{v}.\Delta t$.

– Điện tích truyền qua tiết diện S trong khoảng thời gian Δt là:

$$\Delta q = Ne = n_0Ve = n_0S\overline{v}\Delta te$$

– Cường độ dòng điện là: $I = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} = n_0S\overline{v}e \Rightarrow \overline{v} = \dfrac{I}{n_0Se}$

– Độ lưu động: $\mu = \dfrac{\overline{v}}{E} = \dfrac{I}{n_0SeE}$, với $E = \dfrac{U}{d} = \dfrac{U}{l}$.

$$\Rightarrow \mu = \frac{Il}{n_0SeU} = \frac{l}{n_0SeR} = \frac{l}{n_0eSR}$$

Mà: $R = \rho\dfrac{l}{S} \Rightarrow \dfrac{RS}{l} = \rho$.

$$\Rightarrow \mu = \frac{1}{n_0e\rho} = \frac{1}{8{,}44.10^{28}.1{,}6.10^{-19}.1{,}6.10^{-8}} = 4{,}6.10^{-3}\text{(SI)}$$

Vậy: Độ lưu động của êlectron tự do bên trong kim loại đồng là $\mu = 4{,}6.10^{-3}$(SI).

2. DÒNG ĐIỆN TRONG CHẤT ĐIỆN PHÂN

11.4. Khi điện phân dung dịch muối ăn trong nước, người ta thu được khí hidrô tại catot. Khí thu được có thể tích V = 1 lít ở nhiệt độ t = 27^{0}C, áp suất p = 1 atm. Tính điện lượng đã chuyển qua bình điện phân.

Bài giải

Ta có:

$V = 1$ lít $= 10^{-3}$ m^3; $t = 27^0C \rightarrow T = 27 + 273 = 300K$; $P = 1atm = 1{,}013.10^5Pa$.

– Theo định luật Farađây, khối lượng hidro thu được ở catôt là:

$$m = \frac{1}{F}\frac{A}{n}It = \frac{1}{F}\frac{A}{n}.q \Rightarrow q = \frac{F.m.n}{A} \quad (1)$$

– Theo phương trình Clapêrông – Menđêlêep, ta có:

$$PV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow m = \frac{PV\mu}{RT} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2) suy ra: $q = \dfrac{FnPV\mu}{ART} = \dfrac{96500.1.1{,}013.10^5.10^{-3}.2}{1.8{,}31.300} = 7842C$

Vậy: Điện lượng chuyển qua bình điện phân là q = 7842C.

11.5. Một nhà máy dùng phương pháp điện phân để sản xuất hidrô. Hiệu điện thế ở hai cực bình điện phân là 2V và sản lượng của nhà máy là 56m^3/h (ở điều kiện chuẩn). Tính công suất điện cần thiết cho sản xuất và giá thành của 1m^3 hidrô nếu giá tiền điện năng là 1000đ/kWh.

Bài giải

– Khối lượng hidrô giải phóng ở điện cực: $m = \dfrac{1}{F}.\dfrac{A}{n}It$

$$\Rightarrow I = \frac{Fmn}{At} \quad (1)$$

– Theo phương trình Clapêrông – Menđêlêep, ta có:

$$PV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow m = \frac{PV\mu}{RT} \qquad (2)$$

– Thay (2) vào (1) ta được: $I = \frac{FnPV\mu}{RTAt}$

$$\Rightarrow I = \frac{96500.1.1,013.10^5.56.2}{8,31.273.1.3600} = 134057A$$

– Công suất điện cần thiết cho sản xuất:

$P = UI = 2.134057 = 268113W \approx 268\ kW$

– Công do nhà máy sinh ra: $A = Pt = 268113.3600 = 9,652.10^8J = 268\ kWh$

– Giá tiền để mua 268 kWh điện là: T = 268.1000 = 268000 đồng.

– Giá thành của 1 m^3 hidrô là: $T' = \frac{268000}{56} = 4786$ đồng.

Vậy: Công suất điện cần thiết cho sản xuất là P = 268 kW; giá thành của 1m^3 hidrô là 4786 đồng.

11.6. Cho mạch điện như hình vẽ. Bộ nguồn gồm n pin mắc nối tiếp, mỗi pin có: $e = 1,5V$, $r_0 = 0,5\Omega$. Mạch ngoài $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 9\Omega$, $R_4 = 4\Omega$, đèn R_3: 3V – 3W, R_5 là bình điện phân dung dịch $AgNO_3$ có dương cực tan.

Biết ampe kế A_1 chỉ 0,6A, ampe kế A_2 chỉ 0,4A, $R_A = 0$, R_V rất lớn. Tìm:

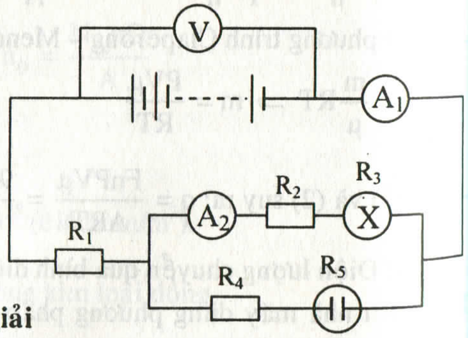
a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân.

b) Số pin và công suất mỗi pin.

c) Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn.

d) Khối lượng bạc được giải phóng ở catot sau 16 phút 5 giây điện phân.

e) Độ sáng của đèn R_3?



Bài giải

Ta có: + Với bộ nguồn: $E_b = ne = 1,5n$; $r_b = nr_0 = 0,5n$.

+ Điện trở của đèn: $R_3 = R_đ = \frac{U_{đm}^2}{P_{đm}} = \frac{3^2}{3} = 3\Omega$

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân và điện trở bình điện phân

– Hiệu điện thế 2 đầu R_4, R_5: $U_{45} = I_2(R_2 + R_3) = 0,4(9 + 3) = 4,8V$

– Cường độ dòng điện qua bình điện phân:

$I_4 = I_5 = I_1 - I_2 = 0,6 - 0,4 = 0,2A$

– Hiệu điện thế 2 đầu R_4: $U_4 = I_4R_4 = 0,2.4 = 0,8V$.

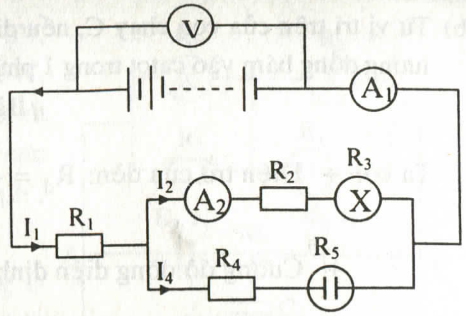
– Hiệu điện thế 2 đầu R_5:

$U_5 = U_{45} - U_4 = 4,8 - 0,8 = 4V$.

– Điện trở của bình điện phân:

$R_5 = \frac{U_5}{I_5} = \frac{4}{0,2} = 20\Omega$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là 0,2A; điện trở bình điện phân là 20Ω.



b) Số pin và công suất mỗi pin

– Điện trở tương đương của mạch ngoài:

$$R = R_1 + \frac{(R_2 + R_3)(R_4 + R_5)}{R_2 + R_3 + R_4 + R_5} = 2 + \frac{(9 + 3).(4 + 20)}{9 + 3 + 4 + 20} = 10\Omega$$

– Cường độ dòng điện qua mạch chính: $I = \frac{E_b}{R + r_b} = \frac{1,5n}{10 + 0,5n} = 0,6$.

$\Leftrightarrow 1,5n = 6 + 0,3n \Rightarrow n = 5$.

– Công suất của bộ nguồn: $P = E_bI = 1,5.5.0,6 = 4,5W$.

– Công suất của mỗi nguồn: $P' = \frac{P}{5} = \frac{4,5}{5} = 0,9W$.

Vậy: Số pin là 5, công suất mỗi pin là 0,9W.

c) Số chỉ trên vôn kế hai đầu bộ nguồn

Ta có:

Số chỉ của vôn kế hai đầu bộ nguồn: $U = E_b - r_bI = 1,5.5 - 0,5.5.0,6 = 6V$.

d) Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau t = 16p5s = 965s

Ta có: $m = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.It = \frac{1}{96500}.\frac{108}{1}.0,2.965 = 0,216g$

Vậy: Khối lượng bạc giải phóng ở catốt sau t = 16p5s là m = 0,216g.

e) Độ sáng của đèn $Đ_3$?

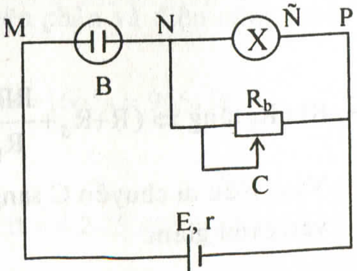
– Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{đm} = \frac{P_{đm}}{U_{đm}} = \frac{3}{3} = 1A$

– Ta thấy: $I_2 = 0,4A < I_{đm}$: đèn $Đ_3$ sáng tối hơn bình thường.

11.7. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 9V$, $r = 0,5\Omega$, B là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ với các điện cực bằng đồng.

Đ là đèn 6V – 9W, R_b là biến trở.

a) C ở vị trí $R_b = 12\Omega$ thì đèn sáng bình thường. Tính khối lượng đồng bám vào catot bình điện phân trong 1 phút, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn.



b) Từ vị trí trên của con chạy C, nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào catot trong 1 phút thay đổi như thế nào?

Bài giải

Ta có: + Điện trở của đèn: $R_{\text{đ}} = \dfrac{U_{\text{đm}}^2}{P_{\text{đm}}} = \dfrac{6^2}{9} = 4\Omega$.

+ Cường độ dòng điện định mức của đèn: $I_{\text{đm}} = \dfrac{P_{\text{đm}}}{U_{\text{đm}}} = \dfrac{9}{6} = 1,5A$.

a) Khối lượng đồng bám vào catot, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài và công suất của nguồn

– Cường độ dòng điện qua biến trở: $I_b = \dfrac{U_{NP}}{R_b} = \dfrac{6}{12} = 0,5A$.

– Cường độ dòng điện qua bình điện phân: $I = I_{\text{đm}} + I_b = 1,5 + 0,5 = 2A$.

– Khối lượng đồng bám vào catôt trong 1 phút = 60s là:

$$m = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.It = \frac{1}{96500}.\frac{64}{2}.2.60 = 0,0398g = 39,8mg$$

– Công suất tiêu thụ của mạch ngoài: $P_N = UI = (E - rI)I = (9 - 0,5.2).2 = 16W$

– Công suất của nguồn: $P = EI = 9.2 = 18W$.

Vậy: Khối lượng đồng bám vào catot là 39,8mg, công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là 16W, công suất của nguồn là 18W.

b) Độ sáng của đèn và lượng đồng bám vào catot thay đổi như thế nào?

– Nếu con chạy C sang trái thì R_b tăng ⇒ R_{NP} tăng ⇒ điện trở mạch ngoài tăng ⇒ $I = \dfrac{E}{R+r}$ giảm nên lượng đồng bám vào catốt giảm.

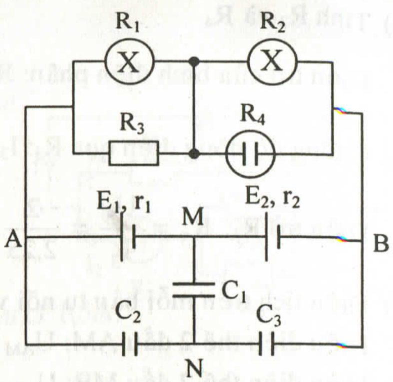
– Hiệu điện thế hai đầu đèn là:

$$U_{NP} = IR_{NP} = \frac{E}{R + \dfrac{R_dR_b}{R_d + R_b}}.\frac{R_dR_b}{R_d + R_b} = \frac{ER_dR_b}{R_d(R + R_b) + RR_b}$$

– Cường độ dòng điện qua đèn: $I_d = \dfrac{U_{NP}}{R_d} = \dfrac{ER_b}{R_d(R+R_b)+RR_b} = \dfrac{E}{R+R_d+\dfrac{RR_d}{R_b}}$

– Khi R_b tăng ⇒ $\left(R+R_d+\dfrac{RR_d}{R_b}\right)$ giảm nên I_d tăng, nghĩa là độ sáng của đèn tăng.

Vậy: Nếu di chuyển C sang trái thì độ sáng của đèn tăng và lượng đồng bám vào catot giảm.



11.8. Cho mạch điện như hình vẽ: $E_1 = 6V$, $E_2 = 3V$, $r_1 = r_2 = 0,5\Omega$, đèn R_1: 2V – 1,5W, đèn R_2: 4V – 3W, R_3 là điện trở, R_4 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng, tụ $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = C_3 = 2\mu F$.

Biết các đèn sáng bình thường.

a) Tính khối lượng đồng được giải phóng ở catot bình điện phân trong thời gian 16 phút 5 giây và điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên.

b) Tính R_3 và R_4.

c) Tính điện tích trên mỗi bản tụ nối với N.

Bài giải

+ Điện trở của đèn 1: $R_1 = \dfrac{U_{\text{đm}_1}^2}{P_{\text{đm}_1}} = \dfrac{2^2}{1,5} = \dfrac{8}{3}\Omega$.

+ Điện trở của đèn 2: $R_2 = \dfrac{U_{\text{đm}_2}^2}{P_{\text{đm}_2}} = \dfrac{4^2}{3} = \dfrac{16}{3}\Omega$.

+ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 1: $I_{\text{đm}_1} = \dfrac{P_{\text{đm}_1}}{U_{\text{đm}_1}} = \dfrac{1,5}{2} = 0,75A$.

+ Cường độ dòng điện định mức qua đèn 2: $I_{\text{đm}_2} = \dfrac{P_{\text{đm}_2}}{U_{\text{đm}_2}} = \dfrac{3}{4} = 0,75A$.

+ Hiệu điện thế 2 đầu A, B: $U_{AB} = U_1 + U_2 = 2 + 4 = 6V$.

+ Cường độ dòng điện qua mạch chính: Ta có: $U_{AB} = (E_1 - E_2) - (r_1 - r_2)I$.

$$\Rightarrow I = \frac{E_1 + E_2 - U_{AB}}{r_1 + r_2} = \frac{6 + 3 - 6}{0,5 + 0,5} = 3A$$

+ Cường độ dòng điện qua R_4: $I_4 = I - I_{\text{đm}_2} = 3 - 0,75 = 2,25A$.

a) Khối lượng đồng được giải phóng ở catot bình điện phân và điện năng bình tiêu thụ

Khối lượng đồng giải phóng ở catốt trong thời gian t =16p5s = 965s là:

$$m = \frac{1}{F}.\frac{A}{n}.It = \frac{1}{96500}.\frac{64}{2}.2,25.965 = 0,72g$$

Điện năng bình tiêu thụ trong thời gian trên: $A = UIt = 4.2,25.965 = 8,685kJ$

b) Tính R_3 và R_4

– Điện trở của bình điện phân: $R_4 = \dfrac{U_4}{I_4} = \dfrac{4}{2,25} = \dfrac{16}{9}\Omega$.

– Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = I - I_{đm_1} = 3 - 0,75 = 2,25A$.

– Điện trở R_3: $R_3 = \dfrac{U_3}{I_3} = \dfrac{2}{2,25} = \dfrac{8}{9}\Omega$.

c) Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N

– Hiệu điện thế 2 đầu AM: $U_{AM} = E_1 - r_1I = 6 - 0,5.3 = 4,5V$.

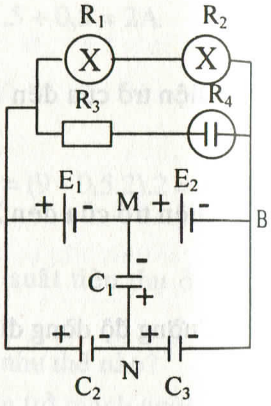
– Hiệu điện thế 2 đầu MB: $U_{MB} = E_2 - r_2I = 3 - 0,5.3 = 1,5V$.

– Vì $E_1 > E_2$ nên bản của C_1 nối với M là cực âm, nối với N là cực dương.

– Tại N: $q_1 - q_2 + q_3 = 0$

$\Leftrightarrow C_1U_{NM} - C_2U_{AN} + C_3U_{NB} = 0$

$\Leftrightarrow U_{NM} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$



– Mặt khác:

$U_{NM} = U_{NA} + U_{AM} = U_{NA} + 4,5 = 4,5 - U_{AN}$ (2)

– Thay (2) vào (1): $4,5 - U_{AN} - 2U_{AN} + 2U_{NB} = 0$

$\Leftrightarrow 3U_{AN} - 2U_{NB} = 4,5$ (3)

– Mặt khác: $U_{AB} = U_{AN} + U_{NB} = 6$

$\Leftrightarrow 2U_{AN} + 2U_{NB} = 12$ (4)

– Lấy (3) + (4): $5U_{AN} = 16,5$

$\Rightarrow U_{AN} = 3,3V$; $U_{NB} = 2,7V$; $U_{NM} = 4,5 - 3,3 = 1,2V$.

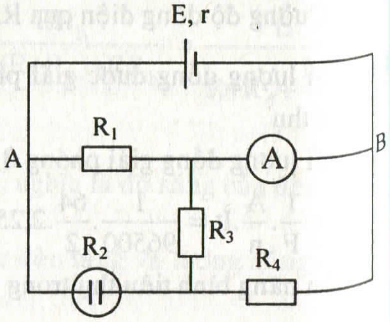
– Điện tích trên mỗi bản tụ nối với N:

$Q_1 = C_1U_{NM} = 1.1,2 = 1,2\mu C$.

$Q_2 = -C_2U_{AN} = -2.3,3 = -6,6\mu C$.

$Q_3 = C_3U_{NB} = 2.2,7 = 5,4\mu C$.

11.9. Cho mạch điện như hình vẽ: $E = 13,5V$, $r = 1\Omega$, $R_1 = 3\Omega$, $R_3 = R_4 = 4\Omega$, $R_A = 0$, R_2 là bình điện phân dung dịch $CuSO_4$ có các điện cực bằng đồng. Biết sau 16 phút 5 giây điện phân, khối lượng đồng được giải phóng ở catot là 0,48g. Tính:



a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân.

b) Điện trở bình điện phân.

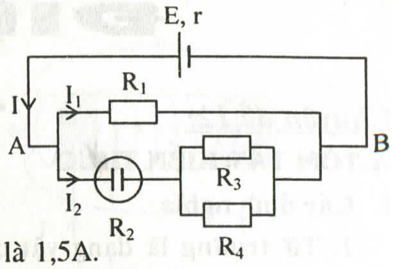
c) Số chỉ của ampe kế.

d) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài.

Bài giải

a) Cường độ dòng điện qua bình điện phân:

Vì $R_A = 0$ nên mạch điện được vẽ lại như sau:



Theo định luật Faraday, ta có: $m = \dfrac{1}{F}\dfrac{A}{n}I_2t$

$\Rightarrow I_2 = \dfrac{mFn}{At} = \dfrac{0,48.96500.2}{64(16.60+5)} = 1,5A$

Vậy: Cường độ dòng điện qua bình điện phân là 1,5A.

b) Điện trở bình điện phân

Hiệu điện thế 2 đầu AB: $U_{AB} = I_2(R_2 + \dfrac{R_3R_4}{R_3+R_4}) = 1,5(R_2 + \dfrac{4.4}{4+4}) = 1,5(R_2+2)$

Cường độ dòng điện qua R_1: $I_1 = \dfrac{U_{AB}}{R_1} = \dfrac{1,5(R_2+2)}{3} = 0,5R_2 + 1$

Cường độ dòng điện qua mạch chính:

$I = I_1 + I_2 = 1,5 + 0,5R_2 + 1 = 2,5 + 0,5R_2$

Ta có: $U_{AB} = E - rI = 13,5 - 1.(2,5 + 0,5R_2) = 1,5(R_2 + 2)$

$\Leftrightarrow 11 - 0,5R_2 = 1,5R_2 + 3 \Rightarrow R_2 = 4\Omega$.

Vậy: Điện trở bình điện phân là $R_2 = 4\Omega$.

c) Số chỉ của ampe kế

Ta có: $I_1 = 0,5.4 + 1 = 3A$.

Hiệu điện thế 2 đầu R_3: $U_3 = U_4 = I_2R_{34} = 1,5.2 = 3V$.

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \dfrac{U_3}{R_3} = \dfrac{3}{4} = 0,75A$.

Số chỉ của ampe kế: $I_A = 3 + 0,75 = 3,75A$.

Vậy: Ampe kế chỉ 3,75A.

d) Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài

Ta có: $U = U_{AB} = 1,5(R_2 + 2) = 1,5.(4 + 2) = 9V$

và $I = 2,5 + 0,5R_2 = 2,5 + 0,5.4 = 4,5A$.

$\Rightarrow P = UI = 9.4,5 = 40,5W$.

Vậy: Công suất tiêu thụ ở mạch ngoài là $P = 40,5W$.

Phần thứ ba

ĐIỆN TỪ

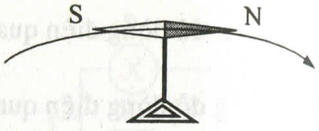
Chuyên đề 12: TỪ TRƯỜNG

A.TÓM TẮT KIẾN THỨC

I. Các định nghĩa

1. Từ trường là dạng vật chất tồn tại xung quanh điện tích chuyển động (dòng điện, nam châm) và tác dụng lực từ lên hạt mang điện khác chuyển động trong đó (dòng điện khác, nam châm khác). Hướng của từ trường tại mỗi điểm là hướng Nam – Bắc của kim nam châm đặt tại đó.

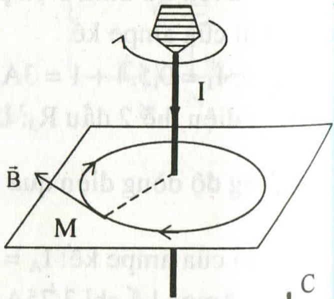
2. Đường cảm ứng từ (đường sức từ) là những đường cong vẽ trong không gian có từ trường sao cho tiếp tuyến ở mỗi điểm trùng với hướng từ trường tại điểm đó.



II. Từ trường tạo bởi các dòng điện

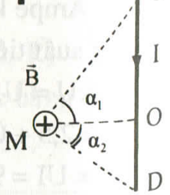
1. Từ trường của dòng điện trong dây dẫn thẳng dài vô hạn: Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ tại điểm M của từ trường do dòng điện gây ra có:

- Điểm đặt: Tại M.
- Phương: Tiếp tuyến với đường cảm ứng từ tại M.
- Chiều: Tuân theo quy tắc "Cái đinh ốc 1".
- Độ lớn: $B = 2.10^{-7}.\frac{I}{r}$. (r là khoảng cách từ dây dẫn đến M).



Chú ý: Với đoạn dây dẫn Δl (hữu hạn) thì:

$$B = 10^{-7}.\frac{I}{r}(\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2)$$

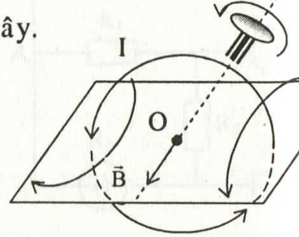


2. Từ trường của dòng điện trong khung dây dẫn tròn:

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dòng điện gây ra có:

- Điểm đặt: Tại O (tâm khung dây).
- Phương: Vuông góc với mặt phẳng khung dây.
- Chiều: Tuân theo quy tắc "Cái đinh ốc 2".
- Độ lớn: $B = 2\pi.10^{-7}.\frac{I}{R}$.

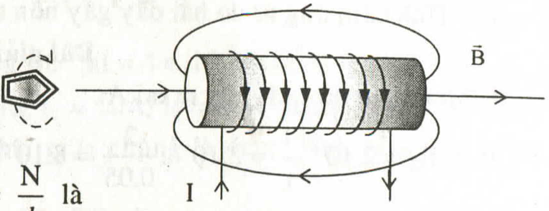
(R là bán kính khung dây).



3. Từ trường của dòng điện trong ống dây dẫn dài:

Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dòng điện gây ra có:

- Phương: Song song với trục ống dây.
- Chiều: Tuân theo quy tắc "Cái đinh ốc 2".
- Độ lớn: $B = 4\pi.10^{-7}.nI$. ($n = \frac{N}{l}$ là mật độ vòng dây; N, l là số vòng và chiều dài của ống dây).



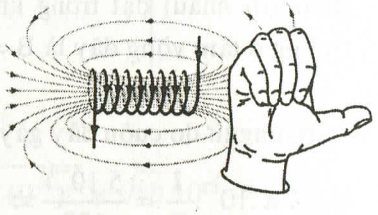
III. Nguyên lí chồng chất từ trường:

Gọi $\vec{B}_1, \vec{B}_2,...$ là các cảm ứng từ do các dòng điện $I_1, I_2,...$ gây ra tại điểm M.

Cảm ứng từ tổng hợp tại M là:

$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ...$

Chú ý: Có thể xác định chiều của vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dòng điện trong khung dây hoặc ống dây gây ra theo quy tắc "Nắm tay phải" như hình bên:



B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

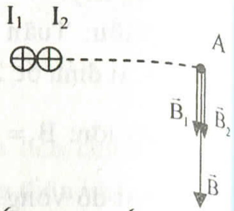
- Khi giải các bài toán dạng này cần chú ý:
  + Xác định hình dạng dây dẫn (thẳng vô hạn, thẳng hữu hạn, tròn, ống dây) để xác định đúng các đặc điểm của cảm ứng từ do dòng điện chạy trong dây dẫn đó gây ra.
  + Trường hợp khung dây tròn có N vòng dây thì cảm ứng từ do dòng điện trong khung dây gây ra tại tâm khung dây có độ lớn $B = NB_0 = 2\pi.10^{-7}.\frac{NI}{R}$.
  + Cần phối hợp với các công thức hình học, lượng giác và hệ quả của bất đẳng thức Cô–si để tính cảm ứng từ và giải quyết các vấn đề về cực trị.
- Trường có nhiều dây dẫn mang dòng điện gây ra các cảm ứng từ $\vec{B}_1, \vec{B}_2,...$ tại điểm ta xét thì cảm ứng từ tổng hợp tại điểm đó được xác định theo nguyên lí chồng chất từ trường: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + ...$

Do đó cần dựa vào các quy tắc "Cái đinh ốc" hoặc "Nắm tay phải" để xác định đúng chiều của các vectơ cảm ứng từ thành phần từ đó xác định đúng độ lớn của B.

C. CÁC BÀI TẬP VỀ TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN

12.1. Dòng điện có cường độ I = 2A chạy cùng chiều qua hai dây dẫn thẳng chập lại. Tính cảm ứng từ do hai dây gây nên tại nơi cách chúng 5cm.

Bài giải



– Cảm ứng từ do I_1, I_2 gây ra tại A:

$B_1 = B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I}{r} = 2.10^{-7}.\frac{2}{0,05} = 8.10^{-6}T$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại A: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$

Vì $\vec{B_1}$ cùng chiều với $\vec{B_2}$ nên $B = B_1 + B_2 = 8.10^{-6} + 8.10^{-6} = 16.10^{-6}T$.

Vậy: Độ lớn cảm ứng từ do hai dây gây nên tại nơi cách chúng 5cm là $B = 16.10^{-6}T$.

12.2. Cuộn dây tròn bán kính R = 5cm (gồm n = 100 vòng dây quấn nối tiếp cách điện với nhau) đặt trong không khí có dòng điện I qua mỗi vòng dây, từ trường ở tâm vòng dây là $B = 5.10^{-4}T$. Tìm I.

Bài giải

Cảm ứng từ do cuộn dây gây ra ở tâm vòng dây là:

$B = 2\pi.10^{-7}.\frac{I}{R} = \frac{5.10^{-4}}{100} \Rightarrow I = \frac{5.10^{-4}.0,05}{100.2\pi.10^{-7}} = 0,4\ A$

Vậy: Cường độ dòng điện qua mỗi vòng dây là I = 0,4A.

12.3. Một ống dây thẳng (xôlênôit) chiều dài 20cm, đường kính 2cm. Một dây dẫn có vỏ bọc cách điện dài 300m được quấn đều theo chiều dài ống. Ống dây không có lõi và đặt trong không khí. Cường độ dòng điện đi qua dây dẫn là 0,5A. Tìm cảm ứng từ trong ống dây.

Bài giải

Ta có: Chiều dài của mỗi vòng dây là chu vi của ống dây thẳng.

Số vòng dây được quấn trên ống: $N = \frac{300}{2\pi r} = \frac{300}{3,14.0,02} = 4775$ (vòng)

Mật độ vòng dây: $n = \frac{N}{l} = \frac{4775}{0,2} = 23873$ (vòng/m)

Cảm ứng từ trong ống dây: $B = 4\pi.10^{-7}.nI = 4\pi.10^{-7}.23873.0,5 = 0,015T$.

12.4. Một dây dẫn đường kính tiết diện d = 0,5mm được bọc bằng một lớp cách điện mỏng và quấn thành một ống dây (xôlênôit). Các vòng của ống dây được quấn sát nhau. Cho dòng điện có cường độ I = 0,4A đi qua ống dây. Tính cảm ứng từ trong ống dây.

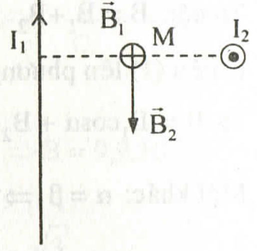
Bài giải

Mật độ vòng dây: $n = \frac{1}{0,5.10^{-3}} = 2000$ (vòng/m)

Cảm ứng từ trong ống dây: $B = 4\pi.10^{-7}.nI = 4\pi.10^{-7}.2000.0,4 = 0,001T$.

12.5. Hai dòng điện thẳng dài vô hạn, $I_1 = 10A$, $I_2 = 30A$ vuông góc nhau trong không khí. Khoảng cách ngắn nhất giữa chúng là 4cm. Tính cảm ứng từ tại điểm cách mỗi dòng điện 2cm.

Bài giải



Gọi M là điểm cách mỗi dòng điện 2cm.

– Cảm ứng từ do dòng I_1 gây ra tại M là:

$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r} = 2.10^{-7}.\frac{10}{0,02} = 10^{-4}T$

– Cảm ứng từ do dòng I_2 gây ra tại M là:

$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r} = 2.10^{-7}.\frac{30}{0,02} = 3.10^{-4}T$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$

Vì $\vec{B_1} \perp \vec{B_2}$ nên $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(10^{-4})^2 + (3.10^{-4})^2} = \sqrt{10}.10^{-4} = 3,16.10^{-4}T$.

12.6. Hai dây dẫn thẳng song song dài vô hạn đặt cách nhau d = 14cm trong không khí. Dòng điện chạy trong dây $I_1 = I_2 = I = 1,25A$. Xác định vectơ cảm ứng từ tại M cách mỗi dây R = 25cm trong trường hợp hai dòng điện:

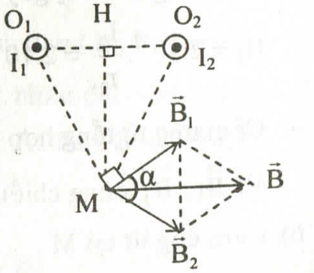
a) Cùng chiều. b) Ngược chiều.

Bài giải

– Cảm ứng từ do dòng điện I_1 gây ra tại M: $B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{R} = 2.10^{-7}.\frac{1,25}{0,25} = 10^{-6}T$

– Cảm ứng từ do dòng điện I_2 gây ra tại M: $B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{R} = 2.10^{-7}.\frac{1,25}{0,25} = 10^{-6}T$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$



a) Hai dòng điện chạy cùng chiều:

Gọi α là góc hợp bởi $\vec{B_1}$, $\vec{B_2}$, ta có:

$\alpha = 90^0 - \beta; \widehat{O_1MO_2} = 90^0 - \beta$

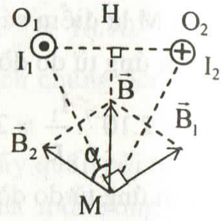
$\Rightarrow \alpha = \widehat{O_1MO_2}; \frac{\alpha}{2} = \widehat{O_2MH}$

Ta có: $\cos\frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{B}{2}}{B_1} = \frac{MH}{MO_2} = \frac{\sqrt{MO_2^2 - O_2H^2}}{MO_2}$

$$\Rightarrow B = \frac{2B_1\sqrt{MO_2^2 - O_2H^2}}{MO_2} = \frac{2.10^{-6}\sqrt{0,25^2 - 0,07^2}}{0,25} = 1,92.10^{-6}T$$

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại M có độ lớn B = $1,92.10^{-6}$T, có phương song song O_1O_2.

b) Hai dòng điện chạy ngược chiều:



Ta có: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$ (1)

Chiếu (1) lên phương của $\overrightarrow{B_M}$:

$\Rightarrow B = B_1\cos\alpha + B_2\cos\alpha = 2B_1\cos\alpha$ (vì $B_1 = B_2$)

Mặt khác: $\alpha = \beta \Rightarrow \cos\alpha = \cos\beta = \frac{O_1H}{O_1M} = \frac{0,07}{0,25}$

$$\Rightarrow B = 2.10^{-6}.\frac{0,07}{0,25} = 0,56.10^{-6}T$$

và $\vec{B}$ có phương vuông góc với O_1O_2, chiều hướng từ M đến H.

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại M có độ lớn B = $0,56.10^{-6}$T, có phương vuông góc O_1O_2, chiều từ M đến H.

12.7. Hai dây dẫn thẳng song song dài vô hạn đặt cách nhau d = 8cm trong không khí. Dòng điện chạy trong hai dây là I_1 = 10A, I_2 = 20A và ngược chiều nhau. Tìm cảm ứng từ tại:

a) O cách mỗi dây 4cm.

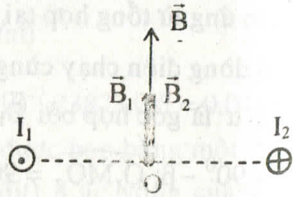
b) M cách mỗi dây 5cm.

Bài giải

a) Cảm ứng từ tại O

– Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại O: $B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{10}{0,04} = 5.10^{-5}T$

– Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại O:



$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{20}{0,04} = 10.10^{-5}T$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$.

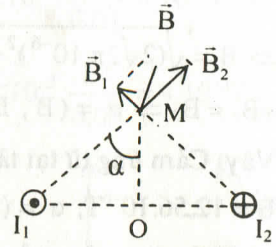
Vì $\vec{B_1}$, $\vec{B_2}$ cùng chiều nên $B = B_1 + B_2 = 5.10^{-5} + 10.10^{-5} = 15.10^{-5}T$.

b) Cảm ứng từ tại M

Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M: $B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{10}{0,05} = 4.10^{-5}T$

Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M: $B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{20}{0,05} = 8.10^{-5}T$

Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$.



Gọi β là góc hợp bởi $\vec{B_1}$ và $\vec{B_2}$: $\beta = 180^0 - 2\alpha$

Với $\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \alpha = 36,87^0 \Rightarrow \beta = 106,26^0$.

Suy ra:

$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2.\cos\beta}$

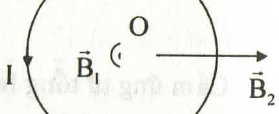
$= \sqrt{(4.10^{-5})^2 + (8.10^{-5})^2 + 2.4.10^{-5}.8.10^{-5}.\cos106,26^0} \Rightarrow B = 9,9.10^{-5}T$.

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại M có độ lớn B = $9,9.10^{-5}$T.

12.8. Vòng dây tròn có R = 3,14cm có dòng điện I = 0,87A ≈ $\frac{\sqrt{3}}{2}$A đi qua và đặt song song với đường cảm ứng của một từ trường đều có $B_2 = 10^{-5}$T. Xác định $\vec{B}$ tại tâm O vòng dây.

Bài giải

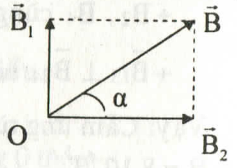
Cảm ứng từ do vòng dây tròn gây ra tại tâm vòng tròn là:



$B_1 = 2\pi.10^{-7}.\frac{I}{R} = 2\pi.10^{-7}.\frac{\sqrt{3}}{2.3,14.10^{-2}} = \sqrt{3}.10^{-5}T$

Cảm ứng từ tổng hợp tại tâm O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$

Vì $\vec{B_1} \perp \vec{B_2}$ nên



$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(\sqrt{3}.10^{-5})^2 + (10^{-5})^2} = 2.10^{-5}T$

Góc hợp bởi $\vec{B}$, $\vec{B_2}$: $\tan\alpha = \frac{B_1}{B_2} = \frac{\sqrt{3}}{1} = \sqrt{3} \Rightarrow \alpha = 60^0$

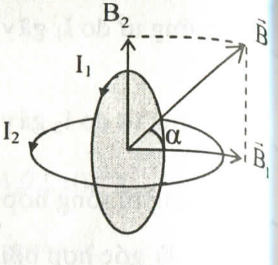
Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp tại O có độ lớn B = 2.10^{-5}T và $\alpha = (\vec{B}, \vec{B_2}) = 60^0$.

12.9. Hai vòng dây tròn bán kính R = 10cm có tâm trùng nhau đặt vuông góc nhau. Cường độ dòng điện trong hai dây $I_1 = I_2 = I = \sqrt{2}$ A. Tìm $\vec{B}$ tại tâm O của hai vòng dây.

Bài giải

Cảm ứng từ do mỗi vòng dây tròn gây ra ở tâm vòng dây là:

$$B_1 = B_2 = 2\pi.10^{-7}.\frac{\sqrt{2}}{0,1} = 2\sqrt{2}\pi.10^{-6}T$$



– Cảm ứng từ tổng hợp tại O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$

Vì $+\vec{B}_1 \perp \vec{B}_2$ nên $B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$

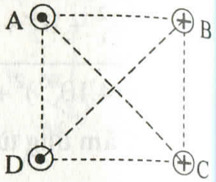
$$\Rightarrow B = \sqrt{(2\sqrt{2}\pi.10^{-6})^2 + (2\sqrt{2}\pi.10^{-6})^2} = 12,56.10^{-6}T$$

$+B_1 = B_2 \Rightarrow \alpha = (\vec{B}, \vec{B_1}) = 45^0$.

Vậy: Cảm ứng từ tại tâm O của hai vòng dây là

$B = 12,56.10^{-6}T$, $\alpha = (\vec{B}, \vec{B_1}) = 45^0$.

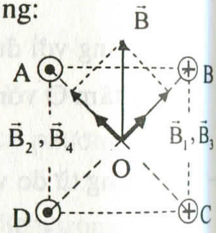
12.10. Bốn dây dẫn thẳng dài đặt song song, tiết diện ngang ABCD tạo thành hình vuông cạnh a = 20cm. Trong mỗi dây có dòng I = 2A đi qua theo chiều như hình vẽ. Tính $\vec{B}$ tại tâm hình vuông.



Bài giải

– Cảm ứng từ do mỗi vòng dòng điện gây ra ở tâm hình vuông:

$B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 2.10^{-7}.\frac{I}{r}$, với $r = \frac{a\sqrt{2}}{2}$.



$$\Rightarrow B_1 = B_2 = B_3 = B_4 = 2.10^{-7}.\frac{2}{\frac{0,2\sqrt{2}}{2}} \approx 2,83.10^{-6}T$$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} + \vec{B_4} = \vec{B_{13}} + \vec{B_{24}}$

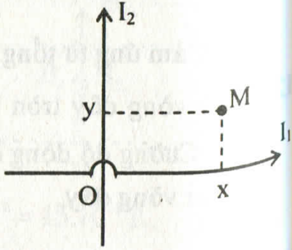
Vì $+\vec{B}_1$, $\vec{B}_3$ cùng chiều nên $B_{13} = B_1 + B_3 = 2,83.10^{-6} + 2,83.10^{-6} = 5,66.10^{-6}T$.

$+\vec{B}_2$, $\vec{B}_4$ cùng chiều nên $B_{24} = B_2 + B_4 = 2,83.10^{-6} + 2,83.10^{-6} = 5,66.10^{-6}T$.

$+\vec{B}_{13} \perp \vec{B}_{24}$ nên $B = \sqrt{B_{13}^2 + B_{24}^2} = \sqrt{2.(5,66.10^{-6})^2} = 8.10^{-6}T$

Vậy: Cảm ứng từ tổng hợp ở O hướng đến AB, vuông góc với AB, có độ lớn $B = 8.10^{-6}T$.

12.11. Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt trong không khí vuông góc nhau (cách điện với nhau) và nằm trong cùng một mặt phẳng. Cường độ dòng điện qua hai dây $I_1 = 2A$, $I_2 = 10A$.



a) Xác định cảm ứng từ gây bởi hai dòng điện tại M trong mặt phẳng của hai dòng điện, có tọa độ (x, y) như hình vẽ, với x = 5cm, y = 4cm.

b) Xác định vị trí những điểm có vectơ cảm ứng từ gây bởi hai dòng điện bằng không.

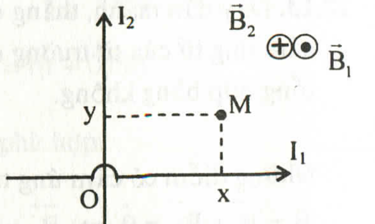
Bài giải

a) Cảm ứng từ gây bởi hai dòng điện tại M

– Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M: $B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{2}{0,04} = 10^{-5}T$.

– Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M: $B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{10}{0,05} = 4.10^{-5}T$

– Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$



Vì: $+\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ ngược chiều nên: $B = |B_1 - B_2|$

$$\Rightarrow B = |10^{-5} - 4.10^{-5}| = 3.10^{-5}T$$

$+B_2 > B_1$ nên $\vec{B}$ cùng chiều với $\vec{B}_2$.

Vậy: Cảm ứng từ tại B có độ lớn $B = 3.10^{-5}$ T và cùng chiều với $\vec{B}_2$.

b) Những điểm có vectơ cảm ứng từ gây bởi 2 dòng điện bằng 0

Ta có: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} = \vec{0} \Rightarrow \vec{B_1} = -\vec{B_2}$

Như vậy, những điểm đó thuộc góc phần tư thứ nhất và thứ ba.

$$\Rightarrow B_1 = B_2 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{10} \Rightarrow r_1 = 0,2r_2$$

Theo hình vẽ của đề bài: $r_1 = y$, $r_2 = x \Rightarrow y = 0,2x$.

Vậy: Những điểm thuộc đường thẳng y = 0,2x sẽ có $\vec{B} = \vec{0}$.

12.12. Hai dây dẫn thẳng dài vô hạn đặt song song trong không khí cách nhau khoảng d = 6cm có các dòng $I_1 = 1A$, $I_2 = 4A$ đi qua. Định vị trí những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng 0. Xét hai trường hợp:

a) I_1, I_2 cùng chiều.

b) I_1, I_2 trái chiều.

Bài giải

Ta có: Những điểm có vectơ cảm ứng từ tổng hợp bằng 0 thỏa:

$$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} = \vec{0} \Rightarrow \vec{B_1} = -\vec{B_2}$$

$$\Rightarrow B_1 = B_2 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{4} \Rightarrow r_2 = 4r_1$$

a) Trường hợp I_1, I_2 cùng chiều: Để $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ ngược chiều thì điểm M phải nằm trong đoạn nối giữa hai dây nên: $r_2 = 4.(6 - r_2) \Leftrightarrow 5r_2 = 24$

$\Rightarrow r_2 = 4,8cm$ và $r_1 = 6 – 4,8 = 1,2cm$.

Vậy: Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không nằm trên đường thẳng cách dây 1: 1,2cm, dây 2: 4,8cm.

b) Trường hợp I_1, I_2 ngược chiều: Để $\vec{B}_1, \vec{B}_2$ ngược chiều thì điểm M phải nằm ngoài đoạn nối giữa hai dây. Vì $r_2 = 4r_1$ nên M phải nằm về phía I_1:

$$\Rightarrow r_2 = 4.(r_2 - 6) \Leftrightarrow 3r_2 = 24 \Rightarrow r_2 = 8\text{cm và } r_1 = \frac{r_2}{4} = 2\,\text{cm}.$$

Vậy: Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không nằm trên đường thẳng cách dây 1: 2cm, dây 2: 8cm.

12.13. Dây dẫn mảnh, thẳng dài có dòng I = 10A đi qua đặt vuông góc với đường cảm ứng từ của từ trường đều có $B_0 = 5.10^{-5}$T. Tìm những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

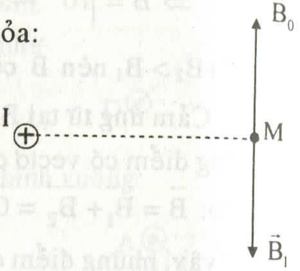
Bài giải

Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không thỏa:

$$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_0} = \vec{0} \Rightarrow \vec{B_1} = -\vec{B_0}$$

$$\Rightarrow B_1 = B_0 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.\frac{I}{r} = 5.10^{-5}$$

$$\Rightarrow r = \frac{2.10^{-7}.10}{5.10^{-5}} = 0{,}04\text{m} = 4\text{cm}$$



Vậy: Những điểm có cảm ứng từ tổng hợp bằng không nằm trên đường thẳng Δ song song với dây dẫn, cách dây 4cm, Δ trong mặt phẳng chứa dây và vuông góc với $\vec{B_0}$.

12.14. Ba dây dẫn thẳng song song dài vô hạn cùng nằm trong mặt phẳng, hai dây liên tiếp cách nhau đoạn a = 6cm, cường độ $I_1 = I_2 = I$, $I_3 = 2I$. Dây I_3 nằm ngoài I_1, I_2 và dòng I_3 ngược chiều I_1, I_2. Tìm vị trí M có cảm ứng từ tổng hợp bằng không.

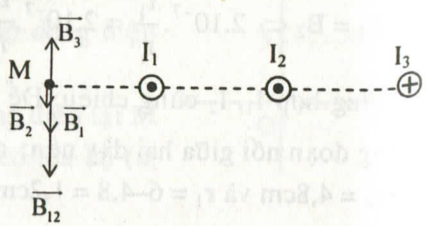
Bài giải

Cảm ứng từ tổng hợp tại M: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{0}$

Trường hợp 1:

Nếu M nằm ngoài I_1 thì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ cùng chiều; $\vec{B}_3$ ngược chiều với $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$.

Ta có: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{B_{12}} + \vec{B_3}$



- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M:

$$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r} = 2.10^{-7}.\frac{I}{r}$$

- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M:

$$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r + 0{,}06} = 2.10^{-7}.\frac{I}{r + 0{,}06}$$

Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M: $B_3 = 2.10^{-7}.\dfrac{I_3}{r + 0{,}12} = 2.10^{-7}.\dfrac{2I}{r + 0{,}12}$.

Vì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ cùng chiều nên: $B_{12} = B_1 + B_2 = 2.10^{-7}.I(\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{r + 0{,}06})$

Để $\vec{B} = \vec{0}$ thì $B_{12} = B_3 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.I(\dfrac{1}{r} + \dfrac{1}{r + 0{,}06}) = 2.10^{-7}\dfrac{2I}{r + 0{,}12}$

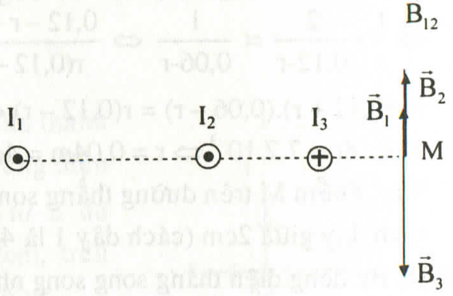
$$\Leftrightarrow \frac{2r + 0{,}06}{r(r + 0{,}06)} = \frac{2}{r + 0{,}12} \Leftrightarrow (r + 0{,}03).(r + 0{,}12) = r(r + 0{,}06)$$

$\Leftrightarrow r^2 - r^2 + 0{,}09r + 3{,}6.10^{-3} = 0 \Rightarrow r < 0$: không phù hợp.

Trường hợp 2:

Nếu M nằm ngoài I_3 thì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ cùng chiều; $\vec{B}_3$ ngược chiều với $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$:

Ta có: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{B_{12}} + \vec{B_3}$



- Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M:

$$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{I}{r + 0{,}12}$$

- Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M:

$$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{I}{r + 0{,}06}$$

- Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M: $B_3 = 2.10^{-7}.\dfrac{I_3}{r_3} = 2.10^{-7}.\dfrac{2I}{r}$

Vì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$ cùng chiều nên $B_{12} = B_1 + B_2 = 2.10^{-7}.I(\dfrac{1}{r + 0{,}12} + \dfrac{1}{r + 0{,}06})$.

Để $\vec{B} = \vec{0}$ thì $B_{12} = B_3 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.I(\dfrac{1}{r + 0{,}12} + \dfrac{1}{r + 0{,}06}) = 2.10^{-7}\dfrac{2I}{r}$

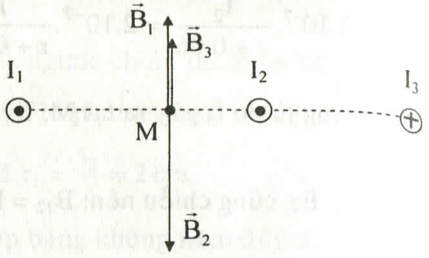
$\Leftrightarrow \dfrac{2r + 0{,}18}{(r + 0{,}12).(r + 0{,}06)} = \dfrac{2}{r} \Leftrightarrow r^2 + 0{,}18r = r^2 + 0{,}18r + 7{,}2.10^{-3}$: vô nghiệm.

Trường hợp 3:

Nếu M nằm giữa I_2, I_3 thì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{B}_3$ cùng chiều nên không thể có trường hợp $\vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{0}$.

Trường hợp 4:

Nếu M nằm giữa I_1, I_2 thì $\vec{B}_1$, $\vec{B}_3$ cùng chiều; $\vec{B}_2$ ngược chiều với $\vec{B}_1$, $\vec{B}_3$:



Ta có: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{B_{13}} + \vec{B_2}$

– Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M:

$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{I}{r}$

– Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M:

$B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{I}{0,06-r}$

– Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M: $B_3 = 2.10^{-7}.\frac{I_3}{r_3} = 2.10^{-7}.\frac{2I}{0,12-r}$

Vì $\vec{B_1}$, $\vec{B_3}$ cùng chiều nên $B_{13} = B_1 + B_3 = 2.10^{-7}.I(\frac{1}{r} + \frac{2}{0,12-r})$

Để $\vec{B} = \vec{0}$ thì $B_{13} = B_2 \Leftrightarrow 2.10^{-7}.I(\frac{1}{r} + \frac{2}{0,12-r}) = 2.10^{-7}.\frac{I}{0,06-r}$

$\Leftrightarrow \frac{1}{r} + \frac{2}{0,12-r} = \frac{1}{0,06-r} \Leftrightarrow \frac{0,12-r+2r}{r(0,12-r)} = \frac{1}{0,06-r}$

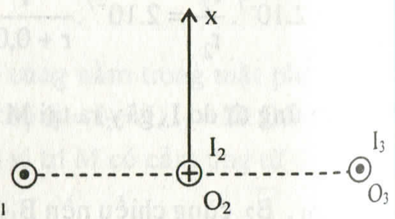
$\Leftrightarrow (0,12+r).(0,06-r) = r(0,12-r) \Leftrightarrow 7,2.10^{-3} - 0,06r - r^2 = 0,12r - r^2$

$\Leftrightarrow 0,18r = 7,2.10^{-3} \Rightarrow r = 0,04m = 4cm.$

Vậy: Điểm M trên đường thẳng song song với 3 dây, trong khoảng dây 1 và 2, cách dây giữa 2cm (cách dây 1 là 4cm).

12.15. Ba dòng điện thẳng song song như hình vẽ: $I_1 = I_3 = I$, $I_2 = \frac{I}{2}$, $O_1O_2 = O_2O_3 = a$, dòng I_2 ngược chiều với I_1, I_3.

Tìm trên trục O_2x vuông góc với mặt phẳng chứa ba dây những điểm có B = 0.



Bài giải

Gọi M là điểm trên O_2x có cảm ứng từ tổng hợp bằng không, ta có:

$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3} = \vec{B_{13}} + \vec{B_2} = \vec{0}$

$\Rightarrow \vec{B_{13}} = -\vec{B_2}$ (1)

– Cảm ứng từ do I_1 gây ra tại M:

$B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{r_1} = 2.10^{-7}.\frac{I}{\sqrt{a^2+x^2}}$ (với $x = O_2M$)

Cảm ứng từ do I_2 gây ra tại M: $B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{r_2} = 2.10^{-7}.\frac{I}{2x}$

Cảm ứng từ do I_3 gây ra tại M: $B_3 = 2.10^{-7}.\frac{I_3}{r_3} = 2.10^{-7}.\frac{2I}{0,12-r}$

với: $\vec{B_{13}} = \vec{B_1} + \vec{B_3}$ (2)

Chiếu (2) lên phương $\vec{B_{13}}$ ta được: $B_{13} = B_1\cos\alpha + B_3\cos\alpha = 2B_1\cos\alpha$

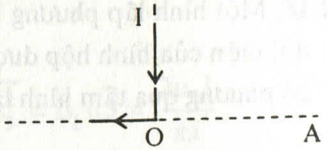
Mặt khác: $\cos\alpha = \frac{MO_2}{I_1M} = \frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} \Rightarrow B_{13} = 2B_1.\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}$

với $B_{13} = B_2 \Leftrightarrow 2.2.10^{-7}.\frac{I}{\sqrt{a^2+x^2}}.\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}} = 2.10^{-7}.\frac{I}{2x}$

$\Leftrightarrow \frac{2x}{a^2+x^2} = \frac{1}{2x} \Leftrightarrow 4x^2 = a^2 + x^2 \Rightarrow x = \frac{a\sqrt{3}}{3} \Rightarrow \overline{O_2M} = \pm\frac{a\sqrt{3}}{3}.$

Vậy: Những điểm trên trục O_2x vuông góc với mặt phẳng chứa ba dây với $\overline{O_2M} = \pm\frac{a\sqrt{3}}{3}$ sẽ B = 0.

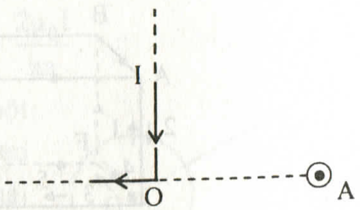
12.16. Một dây dẫn rất dài được gập lại ở giữa thành góc vuông như hình. Trong dây dẫn có dòng điện I = 20A đi qua. Xác định vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dây gây ra tại A cách O đoạn a = 2cm, trên đường kéo dài của một cạnh dây như hình vẽ.



Bài giải

- Cảm ứng từ gây ra bởi dòng điện chạy trong đoạn dây dẫn thẳng:

$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\cos\hat{O}_1 + \cos\hat{O}_2)$



- Từ trường tại A chỉ do 1 cạnh góc vuông gây ra, còn từ trường do đoạn dây dẫn thẳng gây nên tại một điểm trên trục của dây là bằng không.

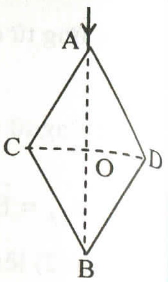
- Theo quy tắc nắm tay phải, $\vec{B}$ hướng ra trước, vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Ta có: $\hat{O}_1 = 0, \hat{O}_2 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow B = 10^{-7}.\frac{20}{0,02}(\cos 0 + \cos\frac{\pi}{2}) = 10^{-4}T$

Vậy: Vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ do dây gây ra tại A có độ lớn $B = 10^{-4}T$, hướng từ phía sau ra phía trước.

12.17. Một hình thoi làm bằng dây dẫn đồng chất, tiết diện đều được nối với một nguồn điện ở xa qua hai dây dẫn dài như hình vẽ.

a) Xác định cảm ứng từ B tại tâm O của hình thoi.

b) Xác định hướng của $\vec{B}$ nếu nhánh ACB bằng đồng, nhánh ADB bằng nhôm.



Bài giải

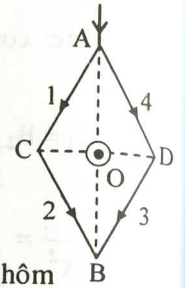
a) Cảm ứng từ B tại tâm O của hình thoi

Ta có: $\vec{B}_O = \vec{B}_d + \vec{B}_{ng}$, với:

+ $\vec{B}_{ng} = \vec{0}$: vì nguồn ở rất xa.

+ $\vec{B}_d = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4 = (\vec{B}_1 + \vec{B}_3) + (\vec{B}_2 + \vec{B}_4) = \vec{0}$.

Vậy: $\vec{B}_O = \vec{0}$.

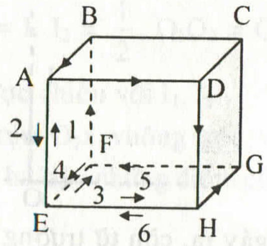


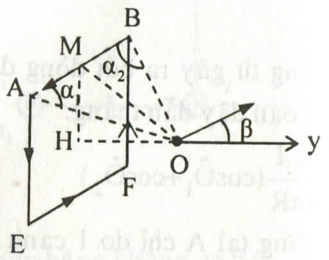
b) Hướng của $\vec{B}$ nếu nhánh ACB bằng đồng, nhánh ADB bằng nhôm

Vì điện trở suất của đồng nhỏ hơn điện trở suất của nhôm nên $R_{ACB} < R_{ADB}$. Do đó dòng điện qua dây đồng (dây ACB) có cường độ lớn hơn dòng điện qua dây nhôm (dây ADB), từ đó suy ra cảm ứng từ tổng hợp tại O sẽ có hướng từ phía sau ra phía trước.

12.18. Một hình lập phương làm bằng dây dẫn đồng chất, tiết diện đều, hai đỉnh đối diện của hình hộp được nối với một nguồn điện ở xa bằng hai dây dẫn dài có phương qua tâm hình lập phương. Tính cảm ứng từ ở tâm hình lập phương.

Bài giải





Để đơn giản, ta có thể xem trong một cạnh không có dòng điện sẽ tương đương như có 2 dòng điện có cường độ ngược chiều đi qua cạnh đó.

Từ hình vẽ, ta thấy sẽ có 3 mặt của hình lập phương có dòng điện cường độ I chạy qua. Do đó từ trường do 3 mặt gây ra ở tâm O là: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$

($\vec{B}_1$, $\vec{B}_2$, $\vec{B}_3$ lần lượt là các vectơ cảm ứng từ gây ra tại O bởi các mặt AEFB, FEHG, ADHE).

Xét $\vec{B}_1 = \vec{B}_{AB} + \vec{B}_{EF} + \vec{B}_{FB} + \vec{B}_{AE}$

- Từ trường do cạnh AB gây ra ở O: $B_{AB} = \dfrac{\mu_0 I}{4\pi OM}(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2)$

$$\Rightarrow B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{4\pi OM}.2\cos\alpha \qquad (\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha)$$

Với: + $OM = \sqrt{OH^2 + HM^2} = \sqrt{\dfrac{a^2}{4} + \dfrac{a^2}{4}} = \dfrac{a}{\sqrt{2}}$

$$+ \cos\alpha = \frac{MB}{OB} = \frac{MB}{\sqrt{OM^2 + MB^2}} = \frac{\frac{a}{2}}{\sqrt{\frac{a^2}{2} + \frac{a^2}{4}}} = \frac{\frac{a}{2}}{\frac{a\sqrt{3}}{2}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$\Rightarrow B_{AB} = \frac{\mu_0 I}{2\pi\frac{a}{\sqrt{2}}\sqrt{3}} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\sqrt{\frac{2}{3}}$$

- Xét $\vec{B}_{AB}$ theo Oy thì: $B_{ABy} = B_{AB}.\cos\beta = B_{AB}\cos(90^0 - \hat{MOH})$

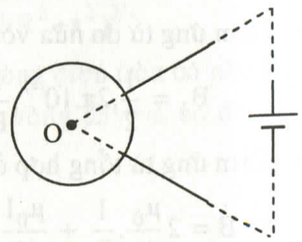
$$\Leftrightarrow B_{ABy} = B_{AB}\sin\hat{MOH} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}\sqrt{\frac{2}{3}}.\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a\sqrt{3}}$$

- Do tính đối xứng nên: $B_1 = 4B_{ABy} = \dfrac{2\mu_0 I}{\sqrt{3}\pi a}$.

- Tương tự: $B_2 = B_3 = \dfrac{2\mu_0 I}{\sqrt{3}\pi a}$. $\Rightarrow B_0 = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2} = B_1\sqrt{3} = \dfrac{2\mu_0 I}{\pi a}$

Vậy: Cảm ứng từ ở tâm hình lập phương là $B_0 = \dfrac{2\mu_0 I}{\pi a}$.

12.19. Người ta mắc vào hai điểm bất kì của một vòng dây dẫn hai dây dẫn thẳng dài hướng theo phương bán kính của vòng dây. Hai đầu của hai dây dẫn thẳng được nối vào nguồn điện ở xa. Tính cảm ứng từ ở tâm vòng dây.



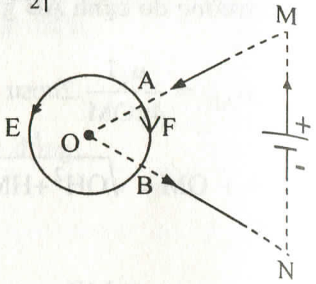
Bài giải

- Vì O nằm trên trục của 2 dây dẫn thẳng AM và BN nên từ trường do chúng gây ra tại O đều bằng không.

- Từ trường do 2 phần AEB và AFB của vòng dây tròn gây ra tại O có:

+ Phương: vuông góc với vòng dây.

+ $\vec{B}_1$ do AEB gây ra hướng từ sau ra trước mặt phẳng hình vẽ, còn $\vec{B}_2$ do AFB gây ra hướng hướng từ trước ra sau mặt phẳng hình vẽ.



- Từ trường tổng hợp tại O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} \Rightarrow B = |B_1 - B_2|$

  với: $B_1 = 2\pi.10^{-7}.\frac{I_1}{r}.\frac{l_1}{2\pi r} = \frac{10^{-7}}{r^2}.I_1 l_1$

  Mà $I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{U_{AB}}{\rho\frac{l_1}{S}} = \frac{U_{AB}S}{\rho l_1}$

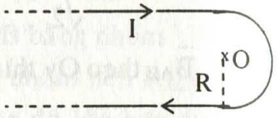
  nên $B_1 = \frac{10^{-7}}{r^2}.\frac{U_{AB}S}{\rho l_1}.l_1 = \frac{10^{-7}}{r^2}.\frac{U_{AB}S}{\rho}$

- Tương tự: $B_2 = \frac{10^{-7}}{r^2}.\frac{U_{AB}S}{\rho} = B_1$.

  Vậy: $B = B_1 - B_2 = 0$.

12.20. Dây dẫn dài vô hạn có một đoạn uốn hình nửa đường tròn bán kính R như hình vẽ.

Xác định $\vec{B}$ ở tâm O của nửa đường tròn.



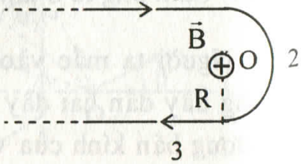
Bài giải

- Từ trường tổng hợp tại O: $\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2} + \vec{B_3}$.

  Vì $\vec{B_1}$, $\vec{B_2}$, $\vec{B_3}$ cùng chiều nên $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng dây, hướng ra sau mặt phẳng hình vẽ.

- Cảm ứng từ do nửa dây dẫn dài vô hạn gây ra: $B = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{I.\Delta l}{r^2}\sin\alpha$.

  Vì: $\Delta l.\sin\alpha = r \Rightarrow B_1 = B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{I}{R}$



- Cảm ứng từ do nửa vòng tròn dây ra:

  $B_3 = \frac{1}{2}.2\pi.10^{-7}.\frac{I}{R} = \pi.10^{-7}.\frac{I}{R} = \frac{\mu_0 I}{4R}$

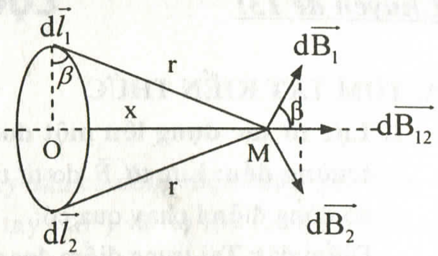
- Cảm ứng từ tổng hợp ở O: $B = B_1 + B_2 + B_3$

  $\Rightarrow B = 2\frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{I}{R} + \frac{\mu_0 I}{4R} = \mu_0 I(\frac{1}{2\pi R} + \frac{1}{4R})$.

Vậy: Cảm ứng từ $\vec{B}$ ở tâm O của nửa đường tròn có hướng từ trước ra sau, có độ lớn $B = \mu_0 I(\frac{1}{2\pi R} + \frac{1}{4R})$.

12.21. Tìm vectơ cảm ứng từ ở một điểm trên trục của một dòng điện tròn, cách tâm dòng điện đoạn x. Cường độ dòng điện là I, bán kính là R.

Bài giải



Ta chia dòng điện ra các phần tử $Id\vec{l}$. Mỗi phần tử này gây ra tại M từ trường mà vectơ cảm ứng từ dB có giá trị:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}.\frac{Idl\sin\hat{O}}{r^2}$$

Vì $d\vec{l}$ và $\vec{r}$ vuông góc nhau nên $\sin\hat{O} = 1$.

$\vec{dB}$ có phương vuông góc với mặt phẳng chứa $d\vec{l}$ và $\vec{r}$ tức là nằm trong mặt phẳng chứa OM và $\vec{r}$, có chiều xác định bằng quy tắc vặn nút chai.

Xét 2 phần tử dòng điện $Id\vec{l}_1$ và $Id\vec{l}_2$ có cùng độ lớn đặt đối xứng nhau qua tâm O, ta thấy vectơ cảm ứng từ do chúng gây ra tại M là $\vec{dB_1}$ và $\vec{dB_2}$ nằm trên cùng một mặt phẳng đối xứng với nhau qua trục OM, có giá trị như nhau, do đó vectơ cảm ứng từ tổng hợp $(\vec{dB_1} + \vec{dB_2})$ có phương OM.

Lí luận tương tự bằng cách xét từng cặp phần tử dòng điện đối xứng với nhau qua tâm O, ta thấy vectơ cảm ứng từ toàn phần do dòng điện tròn gây ra tại M là vectơ có phương trùng với trục OM. Như vậy cảm ứng từ $\vec{B}$ của cả dòng điện bằng tổng các thành phần $\vec{dB}$ theo phương OM.

$$dB_n = dB\cos\beta = \frac{\mu_0 I}{4\pi}.\frac{dl\cos\beta}{r^2} \Rightarrow B = \int_L dB_n = \frac{\mu_0 I\cos\beta}{4\pi.r^2}\int_L dl$$

(với $L = 2\pi R$: chu vi dòng điện tròn).

$$\text{Với } \cos\beta = \frac{R}{r} = \frac{R}{\sqrt{R^2+x^2}} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I.2\pi R^2}{4\pi(R^2+x^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}$$

Vậy: Vectơ cảm ứng từ ở điểm M trên trục của một dòng điện tròn có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây, có hướng ra xa vòng dây và có độ lớn

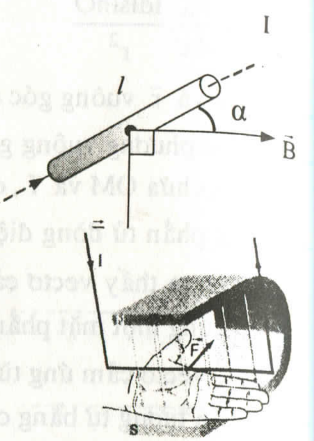
$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2+x^2)^{3/2}}.$$

Chuyên đề 13: LỰC TỪ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. Lực từ tác dụng lên một đoạn dây dẫn mang dòng điện đặt trong từ trường đều: Lực từ $\vec{F}$ do từ trường $\vec{B}$ tác dụng lên đoạn dây dẫn thẳng l có dòng điện I chạy qua có:

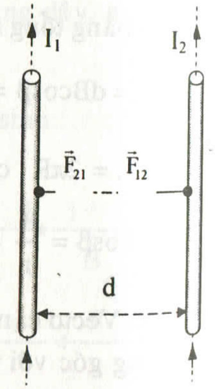
- Điểm đặt: Tại trung điểm đoạn dây.
- Phương: Vuông góc với mặt phẳng ($\vec{B}$, l).
- Chiều: Tuân theo quy tắc "Bàn tay trái": *Đặt bàn tay trái duỗi thẳng sao cho các đường cảm ứng từ đâm vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến các ngón tay chỉ chiều dòng điện thì chiều của ngón cái choãi ra chỉ chiều của lực từ.*
- Độ lớn: $F = BIl\sin\alpha$ $\quad(\alpha = [\vec{B}, \vec{I}])$



2. Lực tương tác từ giữa hai dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua:

Lực từ tác dụng lên một đoạn dây dẫn có chiều dài l có:

- Điểm đặt: Trên các dây dẫn.
- Phương: Vuông góc với hai dây dẫn trong mặt phẳng chứa hai dây dẫn.
- Chiều: Lực hút nếu hai dòng điện cùng chiều; lực đẩy nếu hai dòng điện ngược chiều.
- Độ lớn: $F = 2.10^{-7}.\dfrac{I_1I_2}{d}.l$ (d là khoảng cách giữa hai dây dẫn).



3. Lực từ tác dụng lên khung dây dẫn kín có dòng điện: Momen của ngẫu lực từ tác dụng lên khung dây kín có dòng điện chạy qua:

$M = IBS\sin\alpha$ $\quad(\alpha = [\vec{n}, \vec{B}]$, S là diện tích khung dây)

4. Lực từ tác dụng lên hạt mang điện chuyển động: Lực từ tác dụng lên hạt mang điện tích q chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ trong từ trường (lực Lorenxơ) có:

- Điểm đặt: Trên điện tích.
- Phương: Vuông góc với mặt phẳng ($\vec{v}$, $\vec{B}$).

- Chiều: Tuân theo quy tắc "Bàn tay trái": chiều ngón cái choãi ra nếu $q > 0$ và ngược lại nếu $q < 0$.
- Độ lớn: $F = |q|vB\sin\alpha$ $\quad(\alpha = [\vec{v}, \vec{B}])$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

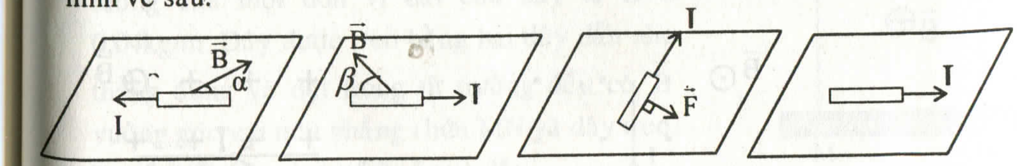
- Xác định lực từ tác dụng lên một đoạn dây dẫn có dòng điện chạy qua: Chú ý xác định đúng chiều (theo quy tắc "Bàn tay trái") và độ lớn (chú ý xác định đúng góc α giữa $\vec{B}$ và $\vec{I}$). Kết hợp với việc sử dụng định luật II Niu–tơn và điều kiện cân bằng khi giải quyết các bài toán về chuyển động và cân bằng của đoạn dây dẫn.
- Xác định lực tương tác giữa hai dây dẫn thẳng song song có dòng điện chạy qua: Chú ý các đặc điểm về chiều (hút, đẩy) và độ lớn lực tác dụng lên một đoạn dây dẫn. Kết hợp với phép tổng hợp lực khi có nhiều dây dẫn song song mang dòng điện tương tác nhau.
- Xác định lực từ tác dụng lên khung dây có dòng điện: Chú ý xác định đúng góc α giữa pháp tuyến $\vec{n}$ và $\vec{B}$ trong công thức tính momen ngẫu lực từ. Kết hợp với điều kiện cân bằng của vật rắn ($\Sigma M = 0$) khi giải quyết các bài toán về cân bằng và chuyển động quay của khung dây.
- Xác định lực từ tác dụng lên điện tích chuyển động (lực Lorenxơ): Chú ý các đặc điểm về chiều khi áp dụng quy tắc "Bàn tay trái" khi $q > 0$, $q < 0$ và độ lớn của lực Lorenxơ (góc α giữa $\vec{v}$ và $\vec{B}$). Trường hợp điện tích chỉ chịu tác dụng của lực Lorenxơ thì nó sẽ chuyển động tròn đều với bán kính:

$$R = \frac{mv}{|q|B} \text{ và chu kì } T = \frac{2\pi m}{|q|B}.$$

C. CÁC BÀI TẬP VỀ LỰC TỪ

1. LỰC TỪ TÁC DỤNG LÊN ĐOẠN DÂY DẪN THẲNG

13.1. Đoạn dây dẫn l có dòng điện I đi qua đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ như các hình vẽ sau:



Đoạn dây dẫn và các vectơ được vẽ nằm trong mặt phẳng hình vẽ.

a) $B = 0{,}02T$, $I = 2A$, $l = 5cm$, $\alpha = 30^0$. Tìm $\vec{F}$.

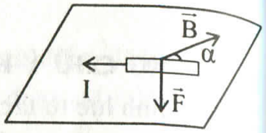
b) $B = 0{,}03T$, $l = 10cm$, $F = 0{,}06N$, $\beta = 45^0$. Tìm I, phương, chiều của $\vec{F}$.

c) $\vec{B}$ thẳng đứng, $I = 5A$, $l = 10cm$, $F = 0,01N$. Tìm $\vec{B}$.

d) $\vec{B} \neq 0$, $I = 3A$, $l = 15cm$, $F = 0$. Tìm $\vec{B}$.

Bài giải

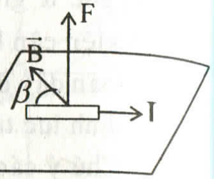
a) Lực từ tác dụng lên đoạn dây điện thẳng:



$$F = BIl\sin\alpha = 0,02.2.0,05.\sin30^0 = 10^{-3}N$$

Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{F}$ hướng từ trên xuống.

b) Ta có: $F = BIl\sin\alpha$

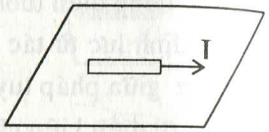


$$\Rightarrow I = \frac{F}{Bl\sin\alpha} = \frac{0,06}{0,03.0,1.\sin45^0} = 28,3A$$

– Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{F}$ hướng lên trên.

c) Ta có: $F = BIl\sin\alpha$.

$$\Rightarrow B = \frac{F}{Il\sin\alpha} = \frac{0,01}{5.0,1} = 0,02T$$



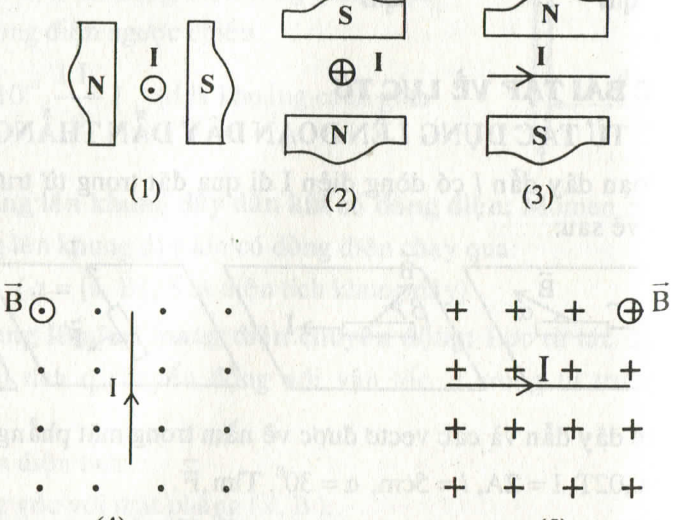
– Theo quy tắc bàn tay trái, $\vec{B}$ hướng lên trên.

d) Ta có: $F = BIl\sin\alpha$

Với: $F = 0, B \neq 0 \Rightarrow \sin\alpha = 0 \Rightarrow \alpha = 0^0$.

Vậy: $\vec{B}$ hướng dọc theo dây, độ lớn bất kì.

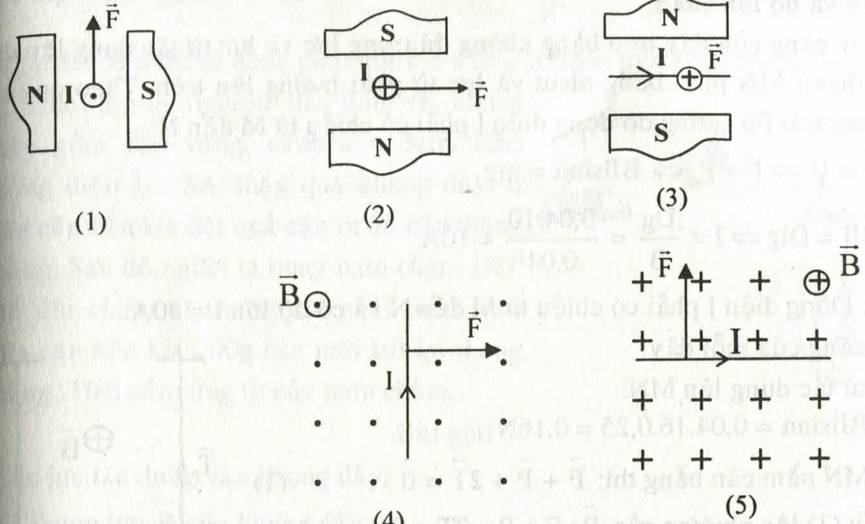
13.2. Một dây dẫn có dòng điện chạy qua đặt trong một từ trường đều như hình. Trong hình (1), (2) dây dẫn vuông góc với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (3) dây dẫn song song với mặt phẳng hình vẽ. Trong hình (4), (5) từ trường $\vec{B}$ vuông góc mặt phẳng hình vẽ. Trong từng trường hợp, hãy xác định hướng của lực từ tác dụng lên dây dẫn.



(1) (2) (3)

(4) (5)

Bài giải



(1) (2) (3)

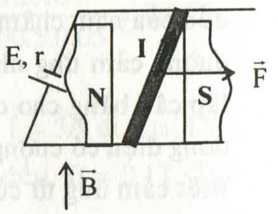
(4) (5)

Vậy: (1): hướng lên; (2): hướng qua phải.

(3): hướng từ trước ra sau; (4): hướng qua phải; (5): hướng lên.

13.3. Hai thanh ray nằm ngang, song song và cách nhau $l = 10cm$ đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ thẳng đứng, $B = 0,1T$. Một thanh kim loại đặt trên ray vuông góc với ray. Nối ray với nguồn điện $E = 12V$, $r = 1\Omega$, điện trở thanh kim loại, ray và dây nối $R = 5\Omega$. Tìm lực từ tác dụng lên thanh kim loại.

Bài giải



– Cường độ dòng điện chạy qua thanh kim loại:

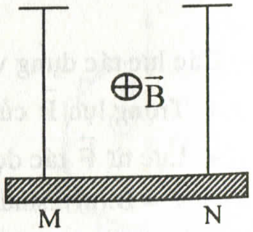
$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{12}{5+1} = 2A$$

– Lực từ tác dụng lên thanh kim loại:

$F = BIl\sin\alpha = 0,1.2.0,1 = 0,02N$

Vậy: Lực từ tác dụng lên thanh kim loại là 0,02N.

13.4. Một dây dẫn thẳng MN chiều dài l, khối lượng của một đơn vị dài của dây là $D = 0,04kg/m$. Dây được treo bằng hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng và đặt trong từ trường đều có $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng chứa MN và dây treo, $B = 0,04T$. Cho dòng điện I qua dây.



a) Định chiều và độ lớn của I để lực căng của các dây treo bằng không.

b) Cho MN = 25cm, I = 16A có chiều từ N đến M.

Tính lực căng của mỗi dây.

Bài giải

a) Chiều và độ lớn của I

- Để lực căng của dây treo bằng không thì trọng lực và lực từ tác dụng lên dây dẫn thẳng MN phải bằng nhau và lực từ phải hướng lên trên. Theo quy tắc bàn tay trái thì cường độ dòng điện I phải có chiều từ M đến N:

$\vec{P}+\vec{F}=\vec{0} \Rightarrow F = P \Leftrightarrow BIl\sin\alpha = mg$

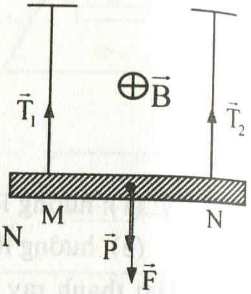
$\Leftrightarrow BIl = Dlg \Rightarrow I = \dfrac{Dg}{B} = \dfrac{0{,}04.10}{0{,}04} = 10A$

Vậy: Dòng điện I phải có chiều từ M đến N và có độ lớn I = 10A.

b) Lực căng của mỗi dây

Lực từ tác dụng lên MN:

$F = BIl\sin\alpha = 0{,}04.16.0{,}25 = 0{,}16N$



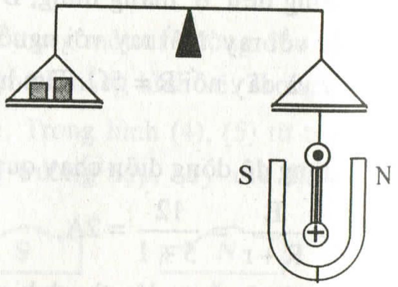
Khi MN nằm cân bằng thì: $\vec{F}+\vec{P}+2\vec{T}=\vec{0}$ (1)

Chiếu (1) lên phương của $\vec{P}$: $F + P - 2T = 0$

$\Rightarrow T = \dfrac{F+P}{2} = \dfrac{0{,}16 + Dlg}{2} = \dfrac{0{,}16 + 0{,}04.0{,}25.10}{2} = 0{,}13N$

Vậy: Lực căng của mỗi dây là T = 0,13N.

13.5. Một khung dây dẫn hình vuông cạnh a = 10cm có n = 200 vòng dây. Khung được treo thẳng đứng dưới một đĩa cân. Cạnh dưới của khung nằm ngang trong từ trường đều của nam châm chữ U và vuông góc với đường cảm ứng như hình vẽ. Sau khi thiết lập cân bằng cho các đĩa cân, người ta cho dòng điện có cường độ I = 0,5A qua khung. Biết cảm ứng từ của nam châm B = 0,002T. Hỏi phải thêm hay bớt ở đĩa cân bên kia một khối lượng bao nhiêu để cân thăng bằng?



Bài giải

- Các lực tác dụng vào khung dây:

+ Trọng lực $\vec{P}$ của khung dây (hướng xuống).

+ Lực từ $\vec{F}$ tác dụng vào cạnh dưới của khung (hướng lên) và:

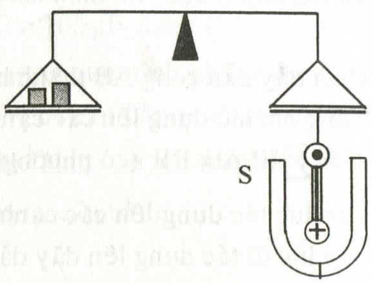
$F = B.(nI)l.\sin\alpha$.

- Để cân thăng bằng thì phải bớt ở đĩa cân bên kia một khối lượng sao cho trọng lượng của nó bằng lực từ F: P = F.

$\Leftrightarrow mg = B.n.Il.\sin\alpha \Rightarrow m = \dfrac{B.n.Il}{g} = \dfrac{0{,}002.200.0{,}5.0{,}1}{10} = 2.10^{-3}kg = 2g$

Vậy: Để cân thăng bằng phải bớt ở đĩa cân bên kia một khối lượng 2g.

13.6. Thiết lập thí nghiệm như hình vẽ, khung dây gồm 100 vòng, cạnh a = 5cm. Cho dòng điện I = 5A chạy qua khung dây, ở đĩa cân bên kia đặt quả cân m để cân thăng bằng. Sau đó người ta quay nam châm 180^0 để đổi chiều từ trường thì phải thêm vào đĩa cân bên kia 200g cân mới trở lại thăng bằng. Tính cảm ứng từ của nam châm.



Bài giải

- Các lực tác dụng vào khung dây:

+ Trọng lực $\vec{P}$ của khung dây.

+ Lực từ $\vec{F}$ tác dụng vào cạnh dưới của khung.

- Lúc đầu, lực $\vec{F}$ hướng lên nên điều kiện cân bằng của thanh là:

$m_1g = P - B.nI.a$ (1)

- Khi quay nam châm 180^0, lực từ $\vec{F}$ hướng xuống dưới nên điều kiện cân bằng của thanh là:

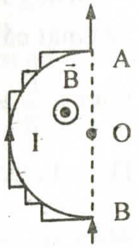
$(m_1 + 0{,}2)g = P + B.nI.a$ (2)

- Lấy (2) trừ (1) ta được: $0{,}2g = 2B.nI.a \Rightarrow B = \dfrac{0{,}2g}{2.nI.a} = \dfrac{0{,}2.10}{2.100.5.0{,}05} = 0{,}04T$

Vậy: Cảm ứng từ của nam châm là 0,04T.

13.7. Một dây dẫn là nửa đường tròn bán kính 10cm có dòng I = 5A đi qua. Dây đặt trong mặt phẳng vuông góc với $\vec{B}$ của một từ trường đều, B = 0,1T. Tìm lực từ F tác dụng lên dây.

Bài giải



- Chia nửa vòng tròn AB thành hình bậc thang như hình vẽ:

- Tổng lực tác dụng lên các cạnh song song với AB:

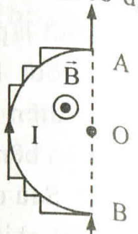
$F = \sum IB.\Delta l = BIl$ (có phương vuông góc với AB)

- Các lực tác dụng lên các cạnh vuông góc với AB từng cặp một triệt tiêu nhau nên lực từ tác dụng lên dây dẫn cong AB và dây dẫn thẳng AB đều là:

$F = BIl = B.I.2R = 0{,}1.5.0{,}2 = 0{,}1N$

13.8. Một dây dẫn có dòng điện chạy qua nằm trong mặt phẳng vuông góc với vectơ cảm ứng từ của một từ trường đều.

Chứng minh rằng lực tác dụng lên một đoạn dây nằm giữa hai điểm cố định không phụ thuộc vào hình dạng của đoạn dây đó.



Bài giải

Chia dây dẫn cong AB thành hình bậc thang như hình vẽ:

- Tổng lực tác dụng lên các cạnh song song với AB:

  $F = \sum IB.\Delta l = BIl$ (có phương vuông góc với AB)

- Các lực tác dụng lên các cạnh vuông góc với AB từng cặp một triệt tiêu nhau nên lực từ tác dụng lên dây dẫn cong AB và dây dẫn thẳng AB là BIl.

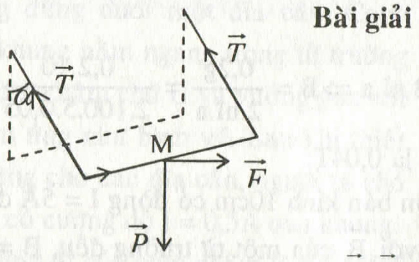
Vậy: Lực tác dụng lên một đoạn dây nằm giữa 2 điểm cố định không phụ thuộc vào hình dạng của đoạn dây đó.

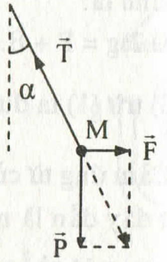
13.9. Đoạn dây dẫn AB có chiều dài $l = 20$cm khối lượng m = 10g được treo nằm ngang trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ thẳng đứng. Hai dây treo thẳng đứng, mảnh và nhẹ, chiều dài mỗi dây $l = 40$cm.

Cho dòng điện I = 2A qua dây AB, AB bị đẩy lệch sang một bên và có vị trí cân bằng khi dây treo lệch góc $\alpha = 30^0$.

Tính độ lớn cảm ứng từ B và vận tốc AB ở vị trí cân bằng. Bỏ qua mọi ma sát và lực cản của môi trường.

Bài giải





- Các lực tác dụng lên đoạn dây AB: $\vec{P}$, $\vec{F}$, hai lực căng dây $\vec{T}$.
- Đoạn dây AB cân bằng nên: $\vec{P} + \vec{F} + 2\vec{T} = \vec{0}$.
- Xét mặt cắt ngang của đoạn dây, ta có:

  $$\tan\alpha = \frac{F}{P} = \frac{BIl}{mg} \Rightarrow B = \frac{mg.\tan\alpha}{Il} = \frac{0,01.10.\tan30^0}{2.0,2} = 0,14T$$

- Theo định luật bảo toàn cơ năng, với gốc thế năng ở A ta có:

  $$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1-\cos\alpha_0)$$

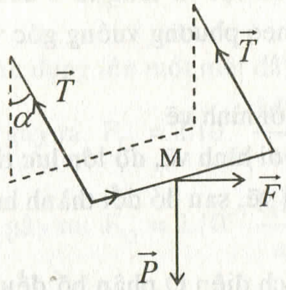
  $$\Rightarrow v = \sqrt{2gl(1-\cos\alpha_0)} = \sqrt{2.10.0,4(1-\cos30^0)} \approx 1,1 \text{ m/s}.$$

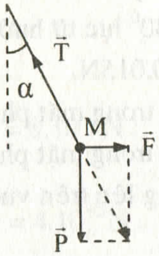
Vậy: Độ lớn cảm ứng từ B = 0,14T; vận tốc AB ở vị trí cân bằng là v = 1,1 m/s.

13.10. Một thanh dẫn điện được treo nằm ngang trên hai dây dẫn nhẹ thẳng đứng. Thanh đặt trong một từ trường đều, vectơ cảm ứng từ thẳng đứng hướng xuống và có độ lớn B = 1T.

Thanh có chiều dài $l = 0,2$m, khối lượng = 10g, dây dẫn có chiều dài $l_1 = 0,1$m. Mắc vào các điểm giữ các dây dẫn một tụ C = 100μF được tích điện tới hiệu điện thế U = 100V. Cho tụ phóng điện. Coi rằng quá trình phóng điện xảy ra trong thời gian rất ngắn, thanh chưa kịp rời vị trí cân bằng mà chỉ nhận được theo phương ngang một động lượng $\vec{p}$ nào đó. Tính vận tốc thanh khi rời vị trí cân bằng và góc lệch cực đại của dây khỏi vị trí cân bằng.

Bài giải





- Lực từ tác dụng lên đoạn dây cung cấp cho dây một gia tốc a, với:

  $$F = BIl = ma \Leftrightarrow B\frac{\Delta q}{\Delta t}l = m\frac{\Delta v}{t} \Leftrightarrow Bql = mv$$

  $$\Rightarrow v = \frac{Bql}{m} = \frac{BCUl}{m} = \frac{1.100.10^{-6}.100.0,2}{0,01} = 0,2 \text{ m/s}$$

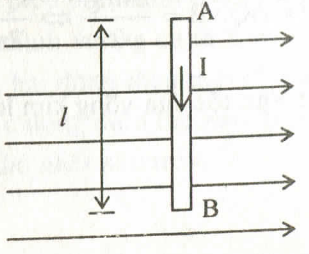
- Theo định luật bảo toàn cơ năng, với gốc thế năng ở A ta có:

  $$W_A = W_B \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1-\cos\alpha_0) \Rightarrow \cos\alpha_0 = 1 - \frac{v^2}{2gl} = 1 - \frac{0,2^2}{2.10.0,1} = 0,98$$

  $$\Rightarrow \alpha_0 = 12^0$$

Vậy: Vận tốc của thanh khi rời vị trí cân bằng là 0,2 (m/s) và góc lệch cực đại của dây khỏi vị trí cân bằng là 12^0.

13.11. Trong hình vẽ, AB là một thanh kim loại chiều dài l = 10cm có dòng điện I = 5A đi qua; AB nằm trong từ trường đều B = 0,03T đường sức như hình vẽ. Hãy cho biết phương hướng và độ lớn của lực từ đặt lên AB sẽ biến thiên như thế nào khi thanh quay đi 180^0 từ vị trí ban đầu theo hai cách:



a) AB quay trong mặt phẳng của hình vẽ.

b) AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ.

Bài giải

Lực từ tác dụng lên thanh khi thanh chưa quay:

$F = BIl.\sin\alpha = 0{,}03.5.0{,}1.1 = 0{,}015N$

a) Khi AB quay trong mặt phẳng của hình vẽ

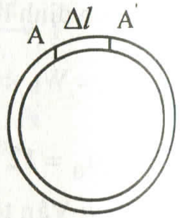
- Khi thanh chưa quay lực từ hướng lên trên theo phương vuông góc với hình vẽ, độ lớn là 0,015N.
- Khi thanh quay từ 0 đến 90^0 trong mặt phẳng hình vẽ, độ lớn của lực từ giảm từ 0,015 xuống 0 (khi thanh quay được 90^0).
- Khi thanh quay từ 90^0 đến 180^0, độ lớn của lực từ tăng từ 0 đến 0,015, khi quay được 180^0 lực từ hướng xuống dưới theo phương vuông góc với hình vẽ, có độ lớn là 0,015N.

b) Khi AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ

Khi AB quay trong mặt phẳng vuông góc với hình vẽ, độ lớn lực từ không đổi 0,015N, hướng lên trên vuông góc với hình vẽ, sau đó đổi thành hướng xuống dưới.

13.12. Một vòng kim loại có khối lượng m, tích điện Q phân bố đều, lăn không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang cách điện và không ma sát. Đặt hệ thống trên vào một vùng từ trường đều, có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng của vòng kim loại thì lực nén của vòng lên mặt phẳng nằm ngang giảm đi một nửa. Xác định vận tốc của vòng kim loại.

Bài giải



- Xét một đoạn nhỏ AA' có độ dài Δl trên vành thì:

+ Kkhối lượng đoạn AA' là: $\Delta m = \dfrac{m.\Delta l}{2\pi R}$.

+ Điện tích đoạn AA' là: $\Delta Q = \dfrac{Q.\Delta l}{2\pi R}$.

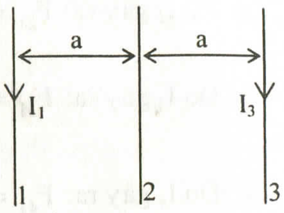
- Khi chưa đặt hệ thống vào từ trường: N = P. (N là lực nén của vòng dây)
- Khi đặt hệ thống vào từ trường thì: $N = \dfrac{P}{2}$ do có lực từ F:

$$\Rightarrow F = \Delta Q.vB = \frac{\Delta m.g}{2} \Leftrightarrow \frac{Q.\Delta l}{2\pi R}.vB = \frac{1}{2}\frac{m\Delta l}{2\pi R}.g \Rightarrow v = \frac{mg}{2QB}$$

Vậy: Vận tốc của vòng kim loại là $v = \dfrac{mg}{2QB}$.

2. LỰC TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC DÂY DẪN SONG SONG MANG DÒNG ĐIỆN

13.13. Ba dây dẫn thẳng, dài đặt song song trong cùng một mặt phẳng thẳng đứng có khoảng cách a = 5cm như hình. Dây thứ nhất và thứ ba được giữ cố định, có dòng $I_1 = 2I_3 = 4A$ đi qua như hình vẽ. Dây thứ hai tự do, có dòng $I_2 = 5A$ đi qua. Tìm chiều di chuyển của dây hai và lực tác dụng lên 1 mét dây hai khi nó bắt đầu chuyển động nếu I_2 có chiều:



a) Đi lên. b) Đi xuống.

Bài giải

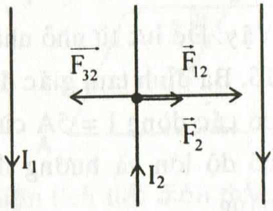
- Lực từ tác dụng lên một mét dây thứ hai:

+ Do I_1 gây ra: $F_{12} = 2.10^{-7}\dfrac{I_1I_2}{a} = 2.10^{-7}.\dfrac{4.5}{0{,}05} = 8.10^{-5}N$.

+ Do I_3 gây ra: $F_{32} = 2.10^{-7}\dfrac{I_3I_2}{a} = 2.10^{-7}.\dfrac{2.5}{0{,}05} = 4.10^{-5}N$.

- Lực từ tổng hợp tác dụng lên một mét dây thứ hai: $\overrightarrow{F_2} = \overrightarrow{F_{12}} + \overrightarrow{F_{32}}$

a) Khi I_2 đi lên:

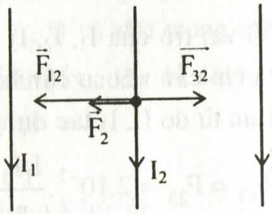


Vì $\overrightarrow{F_{12}}, \overrightarrow{F_{32}}$ ngược chiều nên:

$F_2 = |F_{12} - F_{32}| = |8.10^{-5} - 4.10^{-5}| = 4.10^{-5}N$

và $\vec{F}_2$ cùng chiều với $\vec{F}_{12}$ nên dây thứ hai sẽ di chuyển sang phải.

b) Khi I_2 đi xuống:



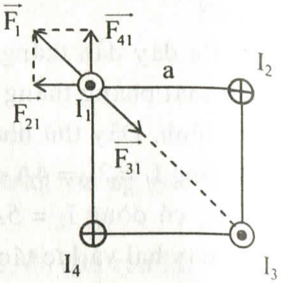
Vì $\overrightarrow{F_{12}}, \overrightarrow{F_{32}}$ ngược chiều nên:

$F_2 = |F_{12} - F_{32}| = |8.10^{-5} - 4.10^{-5}| = 4.10^{-5}N$

và $\vec{F}_2$ cùng chiều với $\vec{F}_{12}$ nên dây thứ hai sẽ di chuyển sang trái.

13.14. Bốn dây dẫn thẳng dài vô hạn, nằm dọc theo bốn cạnh của một lăng trụ đứng, trong không khí, có tiết diện thẳng là hình vuông cạnh a = 2cm. Bốn dây dẫn cùng có dòng điện I = 2A chạy qua, hai dòng theo một chiều và hai dòng theo chiều ngược lại. Hỏi phải bố trí các dòng điện thế nào để lực điện từ đặt lên mỗi mét dây là nhỏ nhất, tính lực nhỏ nhất nêu trên.

Bài giải



– Lực từ tác dụng lên một mét dây thứ nhất:

+ Do I_2 gây ra: $F_{21} = 2.10^{-7}\dfrac{I_1I_2}{a} = 2.10^{-7}.\dfrac{I^2}{a}$.

+ Do I_3 gây ra: $F_{31} = 2.10^{-7}\dfrac{I_3I_1}{a\sqrt{2}} = 2.10^{-7}.\dfrac{I^2}{a\sqrt{2}}$.

+ Do I_4 gây ra: $F_{41} = 2.10^{-7}\dfrac{I_4I_1}{a} = 2.10^{-7}.\dfrac{I^2}{a}$.

– Lực từ tổng hợp tác dụng lên một mét dây thứ nhất: $\overrightarrow{F_1} = \overrightarrow{F_{21}} + \overrightarrow{F_{31}} + \overrightarrow{F_{41}}$.

– Để F_1 nhỏ nhất thì hợp lực của hai lực phải ngược chiều với lực thứ ba nên I_2, I_4 và I_1, I_3 ngược chiều nhau.

$$\Rightarrow \overrightarrow{F_{41}} + \overrightarrow{F_{21}} = \overrightarrow{F'} \Rightarrow F' = F_{21}\sqrt{2} = 2.10^{-7}\frac{I^2\sqrt{2}}{a}$$

– Vì $\vec{F'}, \vec{F}_{31}$ ngược chiều nên $F_1 = \left|F' - F_{31}\right| = 2.10^{-7}.\dfrac{I^2}{a}\left|\sqrt{2} - \dfrac{1}{\sqrt{2}}\right|$

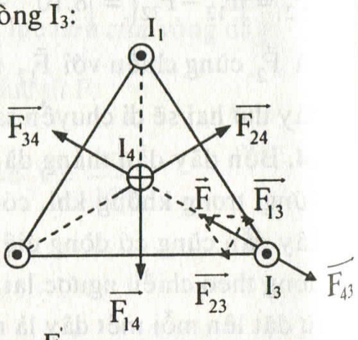
$$\Rightarrow F_1 = 2.10^{-7}.\frac{2^2}{0,02}\left|\sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right| = 2,82.10^{-5}\text{N}$$

Vậy: Để lực từ nhỏ nhất thì bốn dòng điện phải xen kẽ nhau, $F_{min} = 2,82.10^{-5}$N.

13.15. Ba đỉnh tam giác đều ABC đặt ba dây dẫn thẳng dài vuông góc với ABC, có các dòng I = 5A cùng chiều đi qua. Hỏi cần đặt một dòng điện thẳng dài có độ lớn và hướng thế nào, ở đâu để hệ bốn dòng điện ở trạng thái cân bằng.

Bài giải

Vì vai trò của I_1, I_2, I_3 như nhau nên để hệ 4 dòng điện ở trạng thái cân bằng, ta chỉ cần xét sự cân bằng của I_3 và I_4.


I_1
$\overrightarrow{F_{34}}$
$\overrightarrow{F_{24}}$
I_4
$\vec{F}$
$\overrightarrow{F_{13}}$
I_2
$\overrightarrow{F_{14}}$
$\overrightarrow{F_{23}}$
I_3
$\overrightarrow{F_{43}}$

– Lực từ do I_1, I_2 tác dụng lên một mét chiều dài dòng I_3:

$$F_{13} = F_{23} = 2.10^{-7}.\frac{I_1I_3}{a} = 2.10^{-7}.\frac{I^2}{a}$$

Vì $(\overrightarrow{F_{13}}, \overrightarrow{F_{23}}) = 60^0 \Rightarrow F' = 2.\dfrac{F_{13}\sqrt{3}}{2} = F_{13}\sqrt{3}$

– Để dòng I_3 nằm cân bằng thì:

$$\overrightarrow{F_{13}} + \overrightarrow{F_{23}} + \overrightarrow{F_{43}} = \vec{0} \Rightarrow \overrightarrow{F'} + \overrightarrow{F_{43}} = \vec{0}$$

$\Rightarrow \overrightarrow{F_{43}} = -\overrightarrow{F'} \Rightarrow I_4$ phải ngược chiều với I_3 và $F_{43} = F$.

$$\Leftrightarrow 2.10^{-7}.\frac{I_4I_3}{R} = 2.10^{-7}.\frac{I^2\sqrt{3}}{a}$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_4}{R} = \frac{I\sqrt{3}}{a} \qquad (1)$$

Để I_4 nằm cân bằng thì I_4 phải đặt ở tâm tam giác:

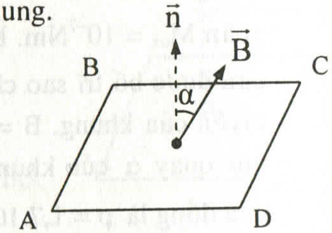
$$R = \frac{2}{3}.\frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a\sqrt{3}}{3} \qquad (2)$$

Thay (2) vào (1): $I_4 = \dfrac{I\sqrt{3}.\dfrac{a\sqrt{3}}{3}}{a} = I = 5A$.

Vậy: Để hệ 4 dòng điện ở trạng thái cân bằng, ta phải đặt dòng I_4 = 5A qua tâm tạm giác, song song ngược chiều với dòng điện ở các đỉnh.

3. KHUNG DÂY CÓ DÒNG ĐIỆN TRONG TỪ TRƯỜNG ĐỀU

13.16. Khung dây hình chữ nhật kích thước AB = a = 10cm, BC = b = 5cm gồm N = 20 vòng nối tiếp có thể quay quanh cạnh AB thẳng đứng. Khung có dòng I = 1A đi qua mỗi vòng dây và đặt trong từ trường đều có $\vec{B}$ nằm ngang, $(\vec{B}, \vec{n}) = 30^0$, B = 0,5T. Tính mômen lực từ đặt lên khung.



Bài giải

Ta có: $M = NIBS.\sin\alpha$.

$\Rightarrow M = 20.1.0,5.0,1.0,05.\sin 30^0 = 2,5.10^{-2}$ (N.m)

Vậy: Mômen lực từ đặt lên khung là

$M = 2,5.10^{-2}$ (N.m).

13.17. Một dây dẫn bằng đồng, khối lượng riêng ρ, diện tích tiết diện thẳng S. Dây được uốn thành ba cạnh AB, BC, CD của một hình vuông cạnh a. Khung có thể quay quanh một trục nằm ngang OO' đi qua A, D và đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$ thẳng đứng. Cho dòng điện I đi qua dây, dây bị lệch, mặt phẳng dây hợp với phương thẳng đứng một góc α. Tính α.

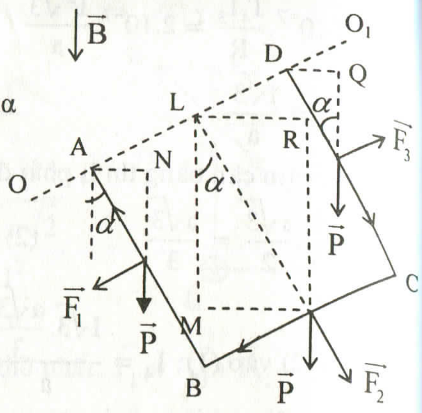
Bài giải

– Các cạnh AB, BC, CD đều chịu tác dụng của trọng lực và lực từ:

+ Các lực $\overrightarrow{F_1}, \overrightarrow{F_3}$ cùng giá, ngược chiều, cùng độ lớn nên chúng triệt tiêu nhau.

+ Lực $\overrightarrow{F_2}$ vuông góc với BC, có phương nằm ngang tạo ra mômen đối với trục quay AD: $M_2 = F_2.LM - BIa(a.\cos\alpha) = BIa^2.\cos\alpha$

+ Trọng lực của ba cạnh AB, BC, CD có phương thẳng đứng hướng xuống làm cho khung có xu hướng quay ngược với chiều quay do $\overrightarrow{F_2}$ gây ra.



– Mômen của các trọng lực:
$M_P = P.AN + P.LR + P.DQ$

$\Rightarrow M_P = P.(\frac{a}{2}\sin\alpha + a\sin\alpha + \frac{a}{2}\sin\alpha) = 2Pa.\sin\alpha$

– Điều kiện cân bằng của khung quay:
$M_2 = M_P$

$\Leftrightarrow BIa^2.\cos\alpha = 2Pa.\sin\alpha = 2mga.\sin\alpha$

$\Rightarrow \tan\alpha = \frac{BIa}{2mg} = \frac{BIa}{2\rho Sag} = \frac{BI}{2\rho Sg}$

$\Rightarrow \alpha = \arctan(\frac{BI}{2\rho Sg})$

Vậy: Góc hợp giữa mặt phẳng dây và phương thẳng đứng là $\alpha = \arctan(\frac{BI}{2\rho Sg})$.

13.18. Một điện kế từ điện, khung dây có diện tích $S = a.b = (40.30)\ mm^2$, trên có quấn $N = 100$ vòng dây đồng đường kính $d = 0,1mm$. Khung được treo nhờ một sợi dây mà khi dây bị xoắn một góc $\alpha_0 = 1^0$ thì xuất hiện một mômen xoắn $M_{ox} = 10^{-7}Nm$. Khung được đặt trong từ trường của một nam châm vĩnh cửu được bố trí sao cho $\vec{B}$ luôn vuông góc với trục quay của khung và pháp tuyến của khung, $B = 0,1T$. Cho dòng điện $I = 0,1mA$ chạy qua khung. Tính góc quay α của khung và công suất tiêu thụ của điện kế. Biết điện trở suất của đồng là $\rho = 1,7.10^{-8}\Omega m$.

Bài giải

– Khi có một dòng điện chạy qua khung, lực từ tác dụng lên khung tạo ra một mômen quay M có độ lớn:
$M = INBS\sin\beta = BP_m\sin\beta$.
(với β là góc giữa pháp tuyến của khung và vectơ cảm ứng từ; P_m là mômen từ của khung).

– Vì cảm ứng từ vuông góc với pháp tuyến của khung nên $\beta = 90^0 \Rightarrow \sin\beta = 1$.

– Khi khung quay một góc α, dây treo tác dụng lên khung một mômen xoắn:
$M_x = \frac{M_{ox}}{\alpha_0}.\alpha$

– Khung dây ở vị trí cân bằng khi mômen lực từ bằng mômen xoắn của dây treo: $M = M_x$

$\Leftrightarrow INBS = \frac{M_{ox}}{\alpha_0}.\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{IBNS\alpha_0}{M_{ox}} = \frac{0,1.10^{-3}.0,1.100.40.30.10^{-6}.1^0}{10^{-7}} = 12^0$

Công suất tiêu thụ của điện kế: $P = RI^2 = \rho\frac{l}{S}.I^2$.

Chiều dài của dây: $l = C.N = (40 + 30).2.100 = 14000mm = 14m$.
(với C là chu vi của khung).

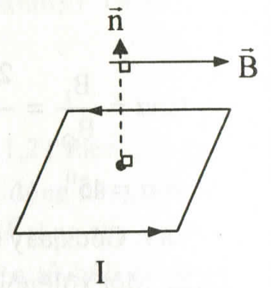
$\Rightarrow P = \rho\frac{l}{S}(\frac{M_{ox}}{\alpha_0}.\frac{\alpha}{NBS})^2$

$\Rightarrow P = 1,7.10^{-8}.\frac{14}{\pi\frac{(0,1.10^{-3})^2}{4}}.(\frac{10^{-7}}{1}.\frac{12}{100.0,1.40.30.10^{-6}})^2 = 3.10^{-7}W.$

Vậy: Góc quay α của khung là 12^o và công suất tiêu thụ của điện kế là $3.10^{-7}W$.

13.19. Khung dây hình tam giác ABC diện tích S có dòng I đi qua. Khung đặt trong một từ trường đều $\vec{B}$, $\vec{B}$ song song với một cạnh khung dây. Tìm mômen M của lực từ tác dụng lên khung.

Bài giải

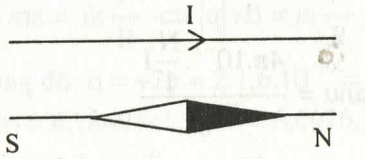


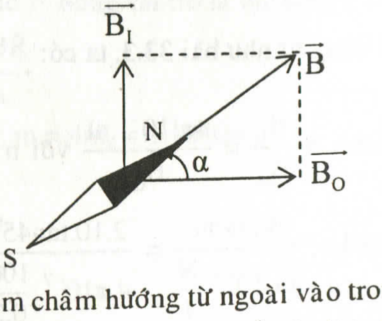
Ta có: $M = NIBS.\sin\alpha$ (α là góc hợp bởi $\vec{B}$ và $\vec{n}$)
với: $N = 1$; $\alpha = 90^o \Rightarrow \sin\alpha = 1$.
$\Rightarrow M = IBS$.
Vậy: Mômen của lực từ tác dụng lên khung là $M = IBS$.

4. KIM NAM CHÂM ĐẶT TRONG TỪ TRƯỜNG

13.20. Một dây dẫn thẳng đặt nằm ngang song song với $\vec{B_0}$ của Trái Đất, $B_0 = 2,5.10^{-5}T$. Dưới dây là một kim nam châm nhỏ đặt song song với dây cách dây $R = 2cm$. Kim có thể quay quanh trục thẳng đứng. Tìm góc quay của kim khi cho dòng điện $I = 1,4A = \frac{2,5}{\sqrt{3}}A$ qua dây.

Bài giải





Ta có:
+ Từ trường của dòng điện tại vị trí đặt nam châm hướng từ ngoài vào trong.
+ Từ trường tổng hợp ở kim nam châm gồm từ trường Trái Đất và từ trường dòng điện:

$\vec{B} = \vec{B_O} + \vec{B_I}$

+ Khi cân bằng kim nam châm có phương của $\vec{B}$.

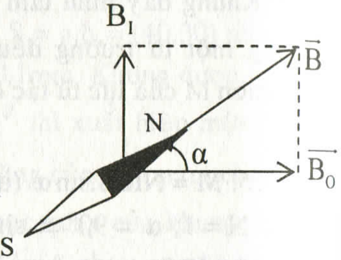
+ Từ hình vẽ, ta có: $\tan\alpha = \frac{B_I}{B_O} = \frac{2.10^{-7}\frac{I}{r}}{B_O} = \frac{2.10^{-7}.\frac{\frac{2,5}{\sqrt{3}}}{2.10^{-2}}}{2,5.10^{-5}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \alpha = 30^0$

Vậy: Góc quay của kim là $\alpha = 30^0$.

13.21. Một vòng dây dẫn tròn bán kính R = 10cm có dòng $I = 3,2A = \frac{10}{\pi}A$ đi qua. Vòng dây đặt thẳng đứng song song với $\vec{B_0}$ của Trái Đất, $B_0 = 2.10^{-5}T$. Tại tâm vòng dây, treo một kim nam châm nhỏ. Tìm góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng I.

Bài giải

Góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng điện:



$$\tan\alpha = \frac{B_I}{B_O} = \frac{2\pi.10^{-7}\frac{I}{r}}{B_O} = \frac{2\pi.10^{-7}.\frac{\frac{10}{\pi}}{0,1}}{2.10^{-5}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 1$$

$\Rightarrow \alpha = 45^0$

Vậy: Góc quay của kim nam châm khi ngắt dòng I là $\alpha = 45^0$.

13.22. Một xôlênôit dài l = 20cm gồm N = 100 vòng nằm ngang trong không khí, trục ống vuông góc với $\vec{B_0}$ của Trái Đất, $B_0 = 2.10^{-5}T$. Trong lòng ống có treo một kim nam châm, khi có dòng I chạy qua xôlênôit, kim lệch góc $\alpha = 45^0$. Tìm I. Cho $\frac{1}{\pi} \approx 0,32$.

Bài giải

Tương tự như bài 33.3, ta có:

$$\tan\alpha = \frac{B_I}{B_O} = \frac{4\pi.10^{-7}.nI}{B_O} \text{ với } n = \frac{N}{l}. \Leftrightarrow \tan\alpha = \frac{4\pi.10^{-7}.\frac{N}{l}I}{B_0}$$

$$\Rightarrow I = \frac{B_0.\tan\alpha}{4\pi.10^{-7}.\frac{N}{l}} = \frac{2.10.\tan45^0}{4.\pi10^{-7}.\frac{100}{0,2}} = \approx 0,032A = 32mA.$$

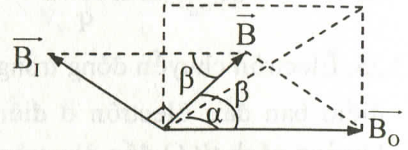
Vậy: Cường độ dòng điện qua xôlênôit là I = 32mA.

13.23. Vòng dây dẫn tròn đặt thẳng đứng, song song với $\vec{B_0}$ của Trái Đất. Tại tâm vòng dây treo một kim nam châm nhỏ. Khi cho dòng I qua vòng dây, kim quay góc $\alpha = 30^0$. Hỏi phải quay vòng dây quanh trục thẳng đứng qua tâm một góc β bao nhiêu để kim nam châm lại nằm trong mặt phẳng vòng dây.

Bài giải

- Ban đầu kim nam châm lệch với phương của $\vec{B_0}$ một góc α với:

$\tan\alpha = \frac{B_I}{B_O}$ (1)



- Để sau khi quay khung kim nam châm lại nằm trong mặt phẳng vòng dây thì từ trường tổng hợp $\vec{B}$ phải song song với khung dây $B \perp B_I$.

- Ta có: $\sin\beta = \frac{B_I}{B_O}$ (2)

- Từ (1) và (2) suy ra: $\sin\beta = \tan\alpha \Rightarrow \beta = \arcsin(\tan\alpha) = \arcsin(\tan30^0) \approx 35^0$.

Vậy: Góc mà vòng dây phải quay là $\beta \simeq 35^o$.

5. ĐIỆN TÍCH CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

13.24. Hạt α chuyển động trong từ trường có cảm ứng từ B = 1,2T theo quỹ đạo tròn có bán kính 0,45m. Hãy tính vận tốc v, chu kì quay T, động năng W của hạt trong từ trường và hiệu điện thế U cần thiết đã dùng để tăng tốc cho hạt trước khi đi vào từ trường. Biết hạt α là hạt nhân nguyên tử hêli có khối lượng bằng 4 lần khối lượng prôtôn, có điện tích +2e, khối lượng prôtôn gấp 1840 lần khối lượng êlectrôn.

Bài giải

- Lực từ tác dụng lên hạt α: $F = |q|vB.\sin\alpha = |q|vB$ (vì $\alpha = 90^0$)

- Vì hạt chuyển động theo quỹ đạo tròn nên lực $\vec{F}$ đóng vai trò là lực hướng tâm:

$$F = ma = m\frac{v^2}{R} \Leftrightarrow |q|vB = m\frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \frac{|q|BR}{m}$$

Trong đó: $q = +2e = 2.1,6.10^{-19} = 3,2.10^{-19}C$; $m = 4m_p = 4.1840m_e$

$\Rightarrow m = 4.1840.9,1.10^{-31} = 6,6976.10^{-27}kg$.

$$\Rightarrow v = \frac{3,2.10^{-19}.1,2.0,45}{6,6976.10^{-27}} \approx 2,6.10^7$$

- Chu kì: $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2.3,14.0,45}{2,6.10^7} \approx 1,1.10^{-7}s$.

– Động năng:

$$W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}.6,6976.10^{-27}.(2,6.10^7)^2 = 2,26.10^{-12}J = 14.10^6 eV = 14\ MeV.$$

(Lưu ý: $1eV = 1,6.10^{-19}J$)

– Áp dụng định lí động năng ta có: $\Delta W_d = A$.

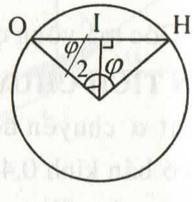
$$\Rightarrow W - 0 = qU \Rightarrow U = \frac{W}{q} = \frac{14.10^6 eV}{2.e} = 7.10^6 V.$$

13.25. Êlectrôn chuyển động trong một từ trường đều có cảm ứng từ B. Tại thời điểm ban đầu êlectrôn ở điểm O và vận tốc của nó vuông góc $\vec{B}$. Tìm khoảng cách từ O đến êlectrôn tại thời điểm t. Khối lượng m, điện tích e và vận tốc v của êlectrôn coi như đã biết.

Bài giải

– Vì vận tốc $\vec{v}$ vuông góc với $\vec{B}$ nên hạt chuyển động theo quỹ đạo tròn với bán kính: $R = \frac{mv}{eB}$ và tần số góc: $\omega = \frac{v}{R} = \frac{eB}{m}$.

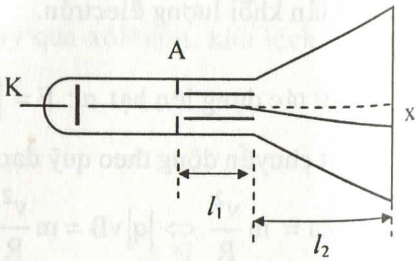
– Từ đó, góc mà bán kính nối từ tâm đến hạt quay được trong thời gian t là: $\varphi = \omega t = \frac{eB}{m}t$



Ta có: $OH = 2OI = 2R.\sin\frac{\varphi}{2} = \frac{2mv}{eB}.\sin(\frac{eB}{2m}.t)$

Vậy: Khoảng cách từ O đến êlectrôn tại thời điểm t là: $l = \frac{2mv}{eB}.\sin(\frac{eB}{2m}.t)$.

13.26. Trong ống phóng điện tử của máy thu vô tuyến truyền hình, êlectrôn thoát ra từ catot K được tăng tốc và thoát khỏi anốt A với năng lượng W = 3keV. Sau đó êlectrôn đi vào từ trường $\vec{B}$ của một cuộn dây: $\vec{B}$ vuông góc với phương ban đầu của êlectrôn, $B = 1,6.10^{-3}T$ và tác dụng trong khoảng chiều dài $l_1 = 5cm$.



Sau khi ra khỏi từ trường, êlectrôn chuyển động trong ống trong khoảng l_2 = 30cm rồi đập vào màn huỳnh quang. Tính độ lệch x của êlectrôn trên màn. Biết $1eV = 1,6.10^{-19}J$.

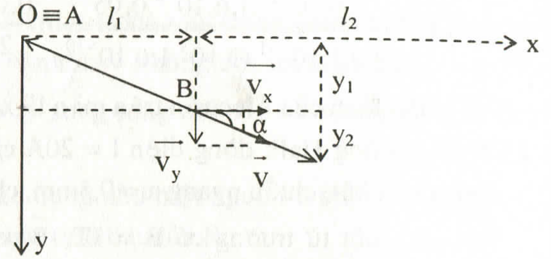
Bài giải

Chuyển động của êlectrôn tính từ sau khi thoát khỏi anốt được chia làm hai giai đoạn:

+ Giai đoạn 1: chuyển động dưới tác dụng của lực từ trong khoảng chiều dài l_1.

+ Giai đoạn 2: chuyển động thẳng theo phương của vectơ vận tốc ngay sau khi đi hết chiều dài l_1.

Trong giai đoạn 1:



$v_x = v_{ox} = v_0$ (1)

$v_y = v_{oy} + at_1 = 0 + at_1$ (2)

và $x_1 = v_0 t_1$ (3)

$y_1 = \frac{1}{2}at_1^2$ (4)

Thay (3) vào (4), ta được:

$$y_1 = \frac{1}{2}a.\frac{x_1^2}{v_0^2} = \frac{1}{2}\frac{F}{m}.\frac{x_1^2}{v_0^2} \quad (a = \frac{F}{m})$$

với $F = |e|v_0B.\sin90^0 = |e|v_0B$; $v_0 = \sqrt{\frac{2W}{m}}$ (do $W = \frac{1}{2}mv_0^2$) và $x_1 = l_1$

$$\Rightarrow y_1 = \frac{1}{2}\frac{|e|Bl_1^2}{m\sqrt{\frac{2W}{m}}} = \frac{1}{2}\frac{|e|Bl_1^2}{\sqrt{2mW}} \qquad (5)$$

- Vectơ vận tốc của êlectrôn tại điểm vừa ra khỏi từ trường hợp với phương ngang một góc α với:

$$\tan\alpha = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at_1}{v_0} = \frac{a.\frac{x_1}{v_0}}{v_0} = \frac{ax_1}{v_0^2} = \frac{al_1}{v_0^2} \qquad (6)$$

Trong giai đoạn 2:

Ta có: $\tan\alpha = \frac{y_2}{l_2}$ (7)

- Từ (6) và (7) suy ra: $y_2 = \frac{al_1l_2}{v_0^2} = \frac{\frac{|e|v_0B}{m}.l_1l_2}{v_0^2} = \frac{|e|Bl_1l_2}{mv_0} = \frac{|e|Bl_1l_2}{m\sqrt{\frac{2W}{m}}}$.

$$\Rightarrow y_2 = \frac{|e|Bl_1l_2}{\sqrt{2mW}} \qquad (8)$$

- Từ (5) và (8), ta có độ lệch theo phương ban đầu của êlectrôn khi đến màn hình là:

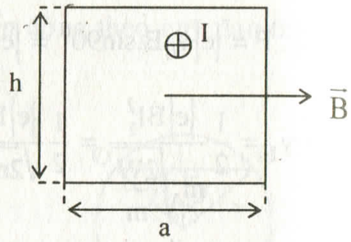
$$x = y_1 + y_2 = \frac{1}{2}.\frac{|e|Bl_1^2}{\sqrt{2mW}} + \frac{|e|Bl_1l_2}{\sqrt{2mW}} = \frac{|e|Bl_1}{\sqrt{2mW}}(\frac{l_1}{2} + l_2)$$

$$\Rightarrow x = \frac{1{,}6.10^{-19}.1{,}6.10^{-3}.0{,}05}{\sqrt{2.9{,}1.10^{-31}.(3.10^3.1{,}6.10^{-19})}}(\frac{0{,}05}{2} + 0{,}3) \approx 0{,}142m = 14{,}2cm.$$

Vậy: Độ lệch của êlectrôn trên màn là x = 14,2cm.

13.27. Hiệu ứng Hall: dòng điện I = 20A chạy qua một thanh đồng có tiết diện hình chữ nhật, chiều ngang a = 0,5mm, chiều cao h = 10mm. Thanh đồng được đặt vào một từ trường có B = 1T, $\vec{B}$ vuông góc với cạnh h và chiều dòng điện. Khi này, giữa hai mặt trên và dưới của thanh đồng xuất hiện một hiệu điện thế $U = 3{,}1.10^{-6}$V. Giải thích hiện tượng, tính mật độ êlectrôn dẫn trong đồng và vận tốc trung bình của chuyển động có hướng của chúng.

Bài giải



Giải thích hiện tượng:

+ Trong hình vẽ dòng điện có chiều từ trước ra sau, nên vận tốc $\vec{v}$ của êlectrôn dẫn hướng từ sau ra trước (ngược chiều dòng điện).

+ Vì êlectrôn chuyển động trong từ trường $\vec{B}$ nên sẽ chịu tác dụng lực từ. Theo quy tắc bàn tay trái áp dụng cho hạt mang điện âm, lực $\vec{F_+}$ tác dụng lên êlectrôn sẽ hướng xuống. Do đó, sau một thời gian, phần dưới của thanh đồng tích điện âm còn phần trên tích điện dương, khi này giữa mặt trên và mặt dưới của thanh đồng xuất hiện một điện trường có chiều từ trên xuống. Khi thời gian tăng lên thì cường độ điện trường này cũng tăng, đến lúc lực điện trường tác dụng lên êlectrôn cân bằng với lực từ tác dụng lên êlectrôn thì ta được một hiệu điện thế xác định là U.

+ Theo trên ta có: $F_đ = F_t \Leftrightarrow |q|E = |q|vB.\sin\alpha$.

$$\Leftrightarrow E = vB.\sin\alpha \Leftrightarrow \frac{U}{h} = vB.\sin\alpha$$

$$\Rightarrow v = \frac{U}{hB.\sin\alpha} = \frac{3{,}1.10^{-6}}{10.10^{-3}.1.\sin90^0} = 3{,}1.10^{-4}m/s$$

Mặt khác, ta có: $i = \frac{I}{S} = env$.

$$\Rightarrow n = \frac{I}{Sev} = \frac{20}{0{,}5.10^{-3}.10.10^{-3}.1{,}6.10^{-19}.3{,}1.10^{-4}} \approx 8{,}1.10^{28}m^{-3}$$

Vậy: Mật độ của êlectrôn dẫn là $n = 8{,}1.10^{28}$ m^{-3}; vận tốc trung bình chuyển động có hướng của êlectrôn $v = 3{,}1.10^{-4}$ m/s.

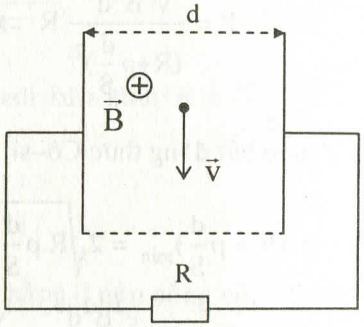
13.28. Máy phát điện từ thủy động (MHD). Tụ phẳng diện tích mỗi bản là S, khoảng cách giữa hai bản là d được đặt trong một dòng plasma dẫn điện có điện trở suất ρ. Plasma chảy với vận tốc $\vec{v}$ không đổi song song hai bản. Hệ thống được đặt trong từ trường có $\vec{B}$ song song hai bản và vuông góc $\vec{v}$. Hai bản tụ điện nối với một điện trở R.

a) Giải thích tại sao tụ điện lại có tác dụng như một nguồn điện cung cấp dòng điện không đổi cho R. Tính công suất tiêu thụ của R.

b) Với giá trị nào của R, công suất là cực đại ? Tính giá trị cực đại này ?

Áp dụng số: S = 1m^2; d = 1m; B = 2T; $\rho = 10^{-2}\Omega m$; v = 1000m/s.

Bài giải



a) Công suất tiêu thụ của R

Giải thích:

+ Vì dòng plasma dẫn điện nên khi chuyển động trong từ trường $\vec{B}$ thì sẽ chịu tác dụng của lực từ.

+ Vì vận tốc $\vec{v}$ của dòng plasma vuông góc với $\vec{B}$ nên lực từ tác dụng lên dòng plasma vuông góc với các bản tụ. Dưới tác dụng của lực từ này dẫn đến sự phân bố điện tích trái dấu trên hai bản của tụ. Khi nối hai bản tụ với điện trở R thì sẽ có dòng điện qua R, khi đó tụ điện đóng vai trò như một nguồn điện.

Tính công suất tiêu thụ trên R:

Ta có: $P = I^2R$ (1)

với $I = \frac{E}{R+R_t}$ (2)

(R_t: là điện trở của phần plasma nằm trong không gian giữa hai bản của tụ; E: là suất điện động).

Ta có: $R_t = \rho.\frac{d}{S}$ (3)

và $E = \frac{A}{q}$

(với q là điện tích của dòng plasma; A là công của lực điện làm di chuyển q từ bản này sang bản kia của tụ).

$\Rightarrow A = Fd = qvBd;\ E = vBd$ (4)

Thay (4) vào (2), ta được: $I = \dfrac{vBd}{(R + \rho\frac{d}{S})}$ (5)

Thay (5) vào (1), ta được: $P = \dfrac{v^2B^2d^2}{(R + \rho\frac{d}{S})^2}.R$.

Vậy: Công suất tiêu thụ của R là $P = \dfrac{v^2B^2d^2}{(R + \rho\frac{d}{S})^2}.R$

b) Xác định R để công suất P đạt cực đại

Ta có: $P = \dfrac{v^2B^2d^2}{(R+\rho\frac{d}{S})^2}.R \Rightarrow P = P_{max}$ khi $(R + \rho\frac{d}{S})_{min}$.

– Theo bất đẳng thức Cô–si, ta có: $R+\rho\frac{d}{S} \ge 2\sqrt{R.\rho\frac{d}{S}}$.

$\Rightarrow (R + \rho\frac{d}{S})_{min} = 2\sqrt{R.\rho\frac{d}{S}}$ khi và chỉ khi $R = \rho\frac{d}{S}$.

và $P = P_{max} = \dfrac{v^2B^2d^2}{4\rho\frac{d}{S}} = \dfrac{v^2B^2dS}{4\rho}$.

– Áp dụng số: $R = 10^{-2}.\frac{1}{1} = 10^{-2}\Omega$.

và $P_{max} = \dfrac{1000^2.2^2.1.1}{4.10^{-2}} = 10.10^7W = 10^5kW$.

Vậy: Để $P = P_{max}$ thì $R = 10^{-2}\Omega$ và $P_{max} = 10^5kW$.

13.29. Một êlectrôn có vận tốc $\vec{v}$ đi vào một từ trường đều, $\vec{B}$ hợp với $\vec{v}$ góc α.

a) Êlectrôn chuyển động theo quỹ đạo thế nào? Tính các kích thước của quỹ đạo đó.

b) Tính công của lực từ tác dụng lên êlectrôn.

Bài giải

a) Quỹ đạo của êlectrôn

– Vì vectơ $\vec{v}$ hợp với $\vec{B}$ một góc α nên ta phân tích $\vec{v}$ thành hai thành phần:

+ $\vec{v_1}$ vuông góc với $\vec{B}$.

+ $\vec{v_2}$ song song với $\vec{B}$.

Tác dụng của lực từ lên êlectrôn:

+ Theo $\vec{v_1}$ làm êlectrôn chuyển động tròn với bán kính R.

+ Theo $\vec{v_2}$ làm êlectrôn chuyển động thẳng đều với vận tốc $v_2 = v.\cos\alpha$ dọc theo phương của $\vec{B}$.

Do tham gia đồng thời hai chuyển động nên êlectrôn chuyển động theo đường xoắn ốc với:

+ Bán kính: $R = \dfrac{mv_1}{eB} = \dfrac{mv.\sin\alpha}{eB}$.

+ Bước xoắn: $h = v_2t$, với $v_2 = v.\cos\alpha$; t: bằng thời gian êlectrôn chuyển động được một vòng tròn bán kính R.

$\Rightarrow t = \dfrac{2\pi R}{v_1} = \dfrac{2\pi m}{eB}$ và $h = \dfrac{v.\cos\alpha.2\pi m}{eB} = \dfrac{2\pi mv.\cos\alpha}{eB}$.

Vậy: Quỹ đạo của êlectrôn là đường xoắn ốc với bán kính $R = \dfrac{mv.\sin\alpha}{eB}$,

bước xoắn $h = \dfrac{2\pi mv.\cos\alpha}{eB}$.

b) Công của lực từ tác dụng lên êlectrôn

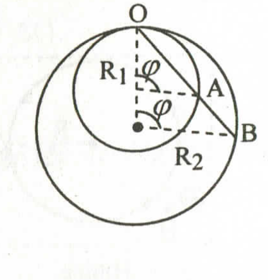
- Theo thành phần $\vec{v_2}$ lực từ tác dụng lên êlectrôn bằng 0 nên công của lực từ theo thành phần này bằng 0.

- Theo thành phần $\vec{v_1}$ lực từ tác dụng lên êlectrôn khác 0, nhưng vì êlectrôn chuyển động tròn theo thành phần này công của lực từ tác dụng lên êlectrôn trong một chu kì cũng bằng 0.

Vậy: Công lực từ tác dụng lên êlectrôn bằng 0.

13.30. Hai hạt nhỏ giống nhau, có điện tích q và khối lượng m, chuyển động đồng thời từ một điểm theo phương vuông góc với vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ trong một từ trường đều. Hãy biểu diễn khoảng cách giữa hai hạt theo thời gian, nếu vận tốc đầu của chúng cùng chiều và bằng v_1 và v_2. Bỏ qua tương tác tĩnh điện giữa hai hạt điện.

Bài giải



Giả sử ban đầu hai hạt cùng ở điểm O. Sau thời gian chuyển động hạt thứ nhất đến A, hạt thứ hai đến B.

Ta có: $OA = \dfrac{2mv_1}{qB}\sin(\dfrac{qB}{2m}t)$; $OB = \dfrac{2mv_2}{qB}\sin(\dfrac{qB}{2m}t)$.

– Vì vận tốc góc của hạt thứ nhất và hạt thứ hai đều bằng nhau và bằng $\omega = \frac{qB}{m}$ nên trong cùng thời gian t thì góc quay ϕ của hai bán kính đều bằng nhau (hình vẽ), suy ra ba điểm O, A, B nằm trên cùng đường thẳng.

$$\Rightarrow AB = OB - OA = \frac{2m}{qB}(v_2 - v_1)\sin(\frac{qB}{2m}.t)$$

Vậy: Khoảng cách giữa hai hạt là: $r(t) = \frac{2m}{qB}(v_2 - v_1)\sin(\frac{qB}{2m}.t)$, với $v_2 > v_1$.

13.31. Một êlectrôn đang bay với vận tốc $\vec{v}$ thì lọt vào một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ vuông góc với vectơ vận tốc $\vec{v}$.

a) Khảo sát chuyển động của êlectrôn nói trên.

b) Chứng minh rằng vùng từ trường đều trên có thể coi như là một "gương phản xạ" êlectrôn, nghĩa là êlectrôn bay vào vùng từ trường dưới một "góc tới" bao nhiêu thì bay ra khỏi vùng từ với "góc phản xạ" bấy nhiêu. Coi các điều kiện để hiện tượng xảy ra được thỏa.

c) Thiết lập mối tương quan giữa bề dày tối thiểu của vùng từ trường với vận tốc của êlectrôn và góc tới để có hiện tượng phản xạ.

Bài giải

a) Khảo sát chuyển động của êlectrôn trong từ trường

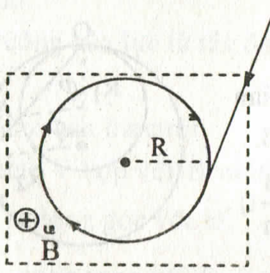
Có thể xảy ra 3 trường hợp như sau:

– Nếu vùng từ trường đủ rộng và êlectrôn bay vào theo phương phù hợp để cho quỹ đạo của êlectrôn nằm hoàn toàn trong vùng từ trường đó thì êlectrôn sẽ chuyển động theo quỹ đạo tròn (hình a) với bán kính: $R = \frac{mv}{eB}$

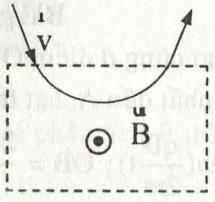
– Nếu vùng từ trường không đủ rộng thì có thể xảy ra hai trường hợp:

+ êlectrôn sau khi đi một đoạn trong từ trường sẽ "chui" ra ngoài theo hướng "phản xạ" (hình b).

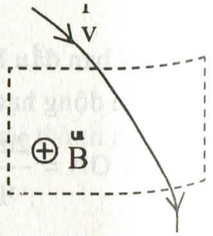
+ êlectrôn sau khi đi một đoạn trong từ trường sẽ "chui" ra ngoài theo hướng "khúc xạ" (hình c).



Hình a



Hình b



Hình c

b) Chứng minh vùng từ trường đều có thể xem như một "gương phản xạ" êlectrôn

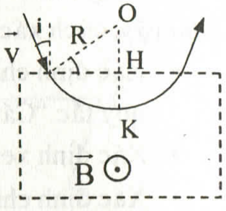
Ta có: Hiện tượng phản xạ ứng với trường hợp thứ hai ở câu a. Lúc đó, dưới tác dụng của lực Lorenxơ, êlectrôn chuyển động trong vùng từ trường theo quỹ đạo là một cung tròn bán kính $R = \frac{mv}{eB}$. Nếu gọi i là góc mà êlectrôn bay vào vùng từ trường, i' là góc mà êlectrôn bay ra khỏi từ trường thì ta dễ dàng chứng minh được: i' = i, nghĩa là "góc phản xạ" bằng "góc tới".

c) Bề dày tối thiểu của vùng từ trường

Ta thấy: Bề dày tối thiểu của vùng từ trường để có hiện tượng phản xạ là: $d_{min} = HK$.

$$\Rightarrow d_{min} = OK - OH = R - R\sin i = R(1 - \sin i)$$

$$\Rightarrow d_{min} = \frac{mv}{eB}(1 - \sin i) \quad \text{(i là góc tới)}$$



Hình b

Chú ý: Nếu bề dày của vùng từ trường $d < d_{min}$ thì sẽ có hiện tượng "khúc xạ" như trường hợp c của câu a.

Chuyên đề 14: CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. **Từ thông:** Từ thông Φ qua diện tích S đặt trong từ trường đều $\vec{B}$ được xác định bởi: $\Phi = BS\cos\alpha \quad (\alpha = [\vec{B}, \vec{n}])$

2. **Định luật cảm ứng điện từ:** Khi từ thông qua một mạch kín biến thiên thì trong mạch kín sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng.

3. **Định luật Lenxơ về chiều dòng điện cảm ứng:** Dòng điện cảm ứng có chiều sao cho từ thông mà nó sinh ra qua mạch kín chống lại sự biến thiên của từ thông đã sinh ra nó.

4. **Suất điện động cảm ứng**

– Trong mạch kín: $E_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

($\Delta\Phi$ là độ biến thiên của từ thông trong thời gian Δt).

(Nếu mạch kín có N vòng dây thì: $E_c = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$).

– Trong đoạn dây có chiều dài *l* chuyển động với vận tốc v trong từ trường $\vec{B}$: $E_c = Blv\sin\alpha \quad (\alpha = [\vec{B}, \vec{v}])$

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

– Khi áp dụng định luật Lenxơ để xác định chiều dòng điện cần chú ý các trường hợp cụ thể:

+ Nếu Φ tăng, dòng điện cảm ứng trong mạch I_c sẽ tạo ra từ trường $\vec{B}_c$ ngược chiều với từ trường ban đầu $\vec{B}$ để chống lại sự tăng của Φ.

+ Nếu Φ giảm, dòng điện cảm ứng trong mạch I_c sẽ tạo ra từ trường $\vec{B}_c$ cùng chiều với từ trường ban đầu $\vec{B}$ để chống lại sự giảm của Φ.

Như vậy, cách xác định chiều của I_c như sau:

- Xác định chiều của $\vec{B}$: Đề bài cho, đặc điểm từ trường của nam châm, các quy tắc "Cái đinh ốc" xác định chiều của B.
- Xác định xem Φ tăng hay giảm: Dựa vào biểu thức $\Phi = BS\cos\alpha$.
- Xác định chiều của $\vec{B}_c$: Dựa vào sự tăng, giảm của Φ.
- Xác định chiều của I_c: Theo quy tắc "Cái đinh ốc" (hoặc quy tắc "Nắm tay phải").

– Khi xác định suất điện động cảm ứng, dòng điện cảm ứng cần chú ý:

+ Dùng các công thức tính suất điện động cảm ứng trong mạch kín và trong đoạn dây chuyển động.

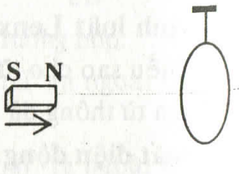
+ Kết hợp với các công thức về định luật Ôm để xác định các đại lượng điện như I, r,...

+ Kết hợp với các định luật Niu-tơn để xác định các đại lượng cơ học như v, a, s,...

C. CÁC BÀI TẬP VỀ CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

1. DÒNG ĐIỆN CẢM ỨNG

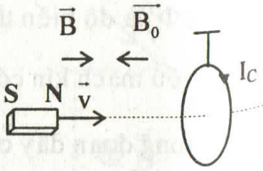
14.1. Một nam châm được đưa lại gần một vòng dây dẫn như hình vẽ. Hỏi dòng điện cảm ứng trong vòng có chiều nào ? Vòng dây sẽ di chuyển về phía nào ?



Bài giải

– Khi đưa nam châm lại gần thì từ thông tăng nên $\overrightarrow{B_0}$ ngược chiều với $\vec{B}$. Theo quy tắc "Nắm tay phải" thì I_C có chiều như hình vẽ.

– Vì mặt bên trái của vòng dây là mặt Bắc (N) nên vòng dây sẽ bị đẩy, di chuyển về bên phải.



14.2. Dùng định luật Lenxơ xác định chiều dòng điện cảm ứng trong khung dây dẫn trong các trường hợp sau:

a) Thanh nam châm rơi đến gần khung dây, sau đó đi qua khung dây và rơi ra xa khung dây.

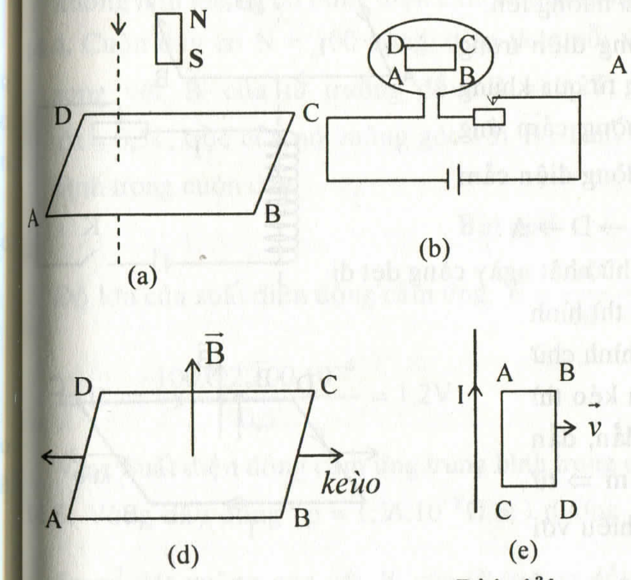
b) Con chạy của biến trở R di chuyển sang phải.

c) Ngắt khóa K (ban đầu đang đóng).

d) Khung dây trong từ trường ban đầu hình vuông, sau đó được kéo thành hình chữ nhật ngày càng dẹt đi.

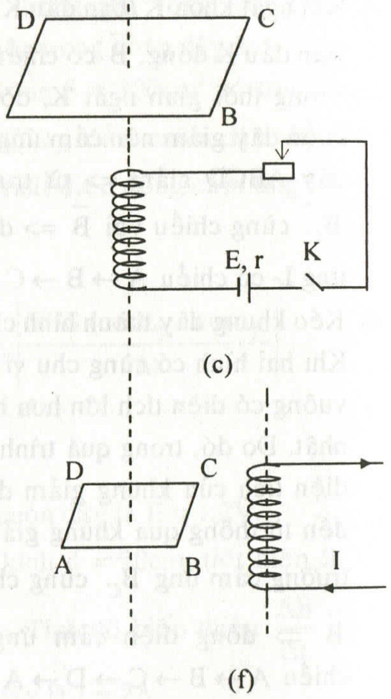
e) Đưa khung dây ra xa dòng điện.

f) Giảm cường độ dòng điện trong xôlênôit.



(a) (b)

(d) (e)



(c)

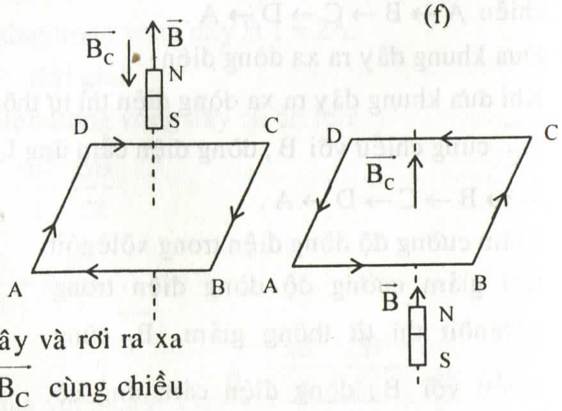
(f)

Bài giải

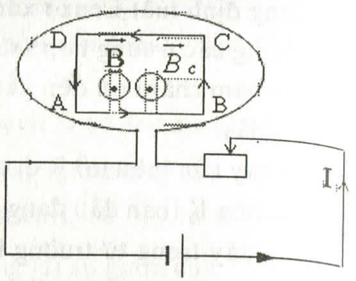
a) Thanh nam châm rơi xuống

– Khi nam châm rơi đến gần khung dây thì từ thông tăng, $\overrightarrow{B_C}$ ngược chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng có chiều: $A \to D \to C \to B \to A$.

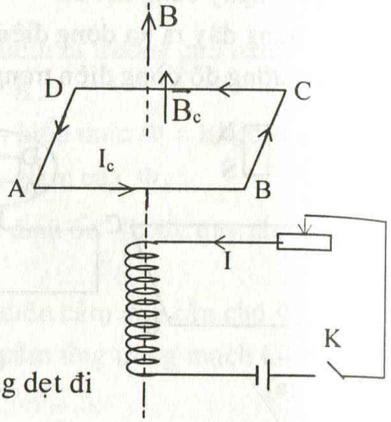
– Khi nam châm đi qua khung dây và rơi ra xa khung dây thì từ thông giảm, $\overrightarrow{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng có chiều $A \to B \to C \to D \to A$.



b) Con chạy của biến trở R di chuyển sang phải



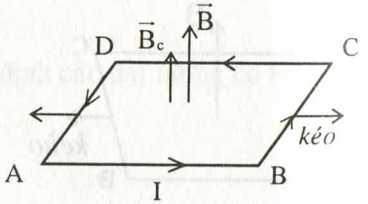
Ta có: Từ trường $\vec{B}$ của dòng điện I có chiều từ trong ra ngoài. Khi con chạy của biến trở R di chuyển sang phải => điện trở tăng, nên cường độ dòng điện I giảm, từ thông qua khung giảm, $\vec{B_0}$ cùng chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng có chiều: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$.



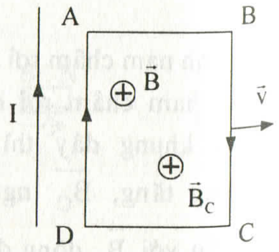
c) Khi ngắt khóa K (ban đầu K đóng):

- Ban đầu K đóng, $\vec{B}$ có chiều hướng lên.
- Trong thời gian ngắt K, dòng điện trong cuộn dây giảm nên cảm ứng từ qua khung dây ABCD giảm => từ trường cảm ứng $\vec{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$ => dòng điện cảm ứng I_C có chiều $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$.

d) Kéo khung dây thành hình chữ nhật ngày càng dẹt đi

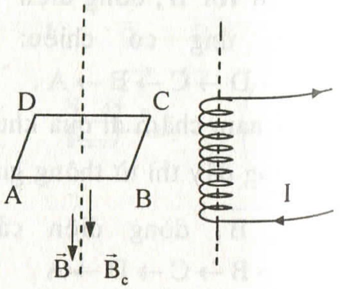


Khi hai hình có cùng chu vi thì hình vuông có diện tích lớn hơn hình chữ nhật. Do đó, trong quá trình kéo thì diện tích của khung giảm dần, dẫn đến từ thông qua khung giảm ⇒ từ trường cảm ứng $\vec{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$ ⇒ dòng điện cảm ứng I_C có chiều $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$.



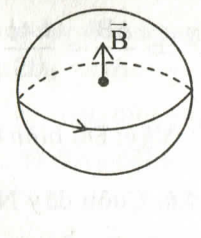
e) Đưa khung dây ra xa dòng điện

Khi đưa khung dây ra xa dòng điện thì từ thông giảm, $\vec{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng I_C có chiều: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$.



f) Giảm cường độ dòng điện trong xôlênôit

Khi giảm cường độ dòng điện trong xôlênôit thì từ thông giảm, $\vec{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng có chiều $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$.



14.3. Hai vòng dây dẫn tròn cùng bán kính đặt đồng tâm, vuông góc nhau, cách điện với nhau. Vòng một có dòng điện I đi qua. Khi giảm I, trong vòng hai có dòng điện cảm ứng không ? Nếu có, hãy xác định chiều dòng điện cảm ứng trên hình vẽ.

Bài giải

Từ trường của dòng điện I trong vòng dây tròn 1 có phương vuông góc với mặt phẳng vòng dây 1, nghĩa là song song với mặt phẳng vòng dây 2. Do vậy khi I biến thiên thì từ trường do I gây ra biến thiên nhưng các đường sức điện song song với mặt phẳng vòng dây 2 nên từ thông qua vòng dây 2 bằng không nên không có dòng điện cảm ứng xuất hiện trong vòng dây 2.

14.4. Cuộn dây có N = 100 vòng, diện tích mỗi vòng $S = 300cm^2$ có trục song song với $\vec{B}$ của từ trường đều, B = 0,2T. Quay đều cuộn dây để sau $\Delta t = 0,5s$, trục của nó vuông góc với $\vec{B}$. Tính suất điện động cảm ứng trung bình trong cuộn dây.

Bài giải

Độ lớn của suất điện động cảm ứng: $E = \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \left|\dfrac{NBS.(\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)}{\Delta t}\right|$

$$\Rightarrow E = \frac{100.0,2.300.10^{-4}}{0,5} = 1,2V$$

Vậy: Suất điện động cảm ứng trung bình trong cuộn dây là E = 1,2V.

14.5. Vòng dây đồng ($\rho = 1,75.10^{-8}\Omega.m$) đường kính d = 20cm, tiết diện S_0 = $5mm^2$ đặt vuông góc với $\vec{B}$ của từ trường đều. Tính độ biến thiên $\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ của cảm ứng từ khi dòng điện cảm ứng trong vòng dây là I = 2A.

Bài giải

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây có độ lớn:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta(BS)}{\Delta t}\right| = S\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = \frac{\pi d^2}{4}.\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

- Điện trở của vòng dây: $R = \rho\dfrac{l}{S} = \rho\dfrac{\pi d}{S}$.

- Cường độ dòng điện cảm ứng qua vòng dây: $I = \dfrac{E}{R} = \dfrac{\dfrac{\pi d^2}{4}.\dfrac{\Delta B}{\Delta t}}{\rho\dfrac{\pi d}{S}} = \dfrac{dS}{4\rho}.\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$.

$$\Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{I.4\rho}{dS} = \frac{2.4.1,75.10^{-8}}{0,2.5.10^{-6}} = 0,14T/s.$$

Vậy: Độ biến thiên cảm ứng từ trong một đơn vị thời gian là $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,14T/s$.

14.6. Cuộn dây N = 1000 vòng, diện tích mỗi vòng $S = 20cm^2$ có trục song song với $\vec{B}$ của từ trường đều. Tính độ biến thiên ΔB của cảm ứng từ trong thời gian $\Delta t = 10^{-2}s$ khi có suất điện động cảm ứng $E_C = 10V$ trong cuộn dây.

Bài giải

– Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây có độ lớn:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = NS\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| \Rightarrow \Delta B = \frac{E.\Delta t}{NS} = \frac{10.10^{-2}}{1000.20.10^{-4}} = 0,05T$$

Vậy: Độ biến thiên ΔB của cảm ứng từ trong thời gian $\Delta t = 10^{-2}s$ là $\Delta B = 0,05T$.

14.7. Cuộn dây kim loại ($\rho = 2.10^{-8}\Omega.m$), N = 1000 vòng, đường kính d = 10cm, tiết diện dây $S = 0,2mm^2$ có trục song song với $\vec{B}$ của từ trường đều. Tốc độ biến thiên $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0,2T/s$. Cho $\pi \approx 3,2$.

a) Nối hai đầu cuộn dây với một tụ điện $C = 1\mu F$. Tính điện tích của tụ điện.

b) Nối hai đầu cuộn dây với nhau. Tính cường độ dòng cảm ứng và công suất nhiệt trong cuộn dây.

Bài giải

Ta có: Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây có độ lớn:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = NS\left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = N.\frac{\pi d^2}{4}.\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{1000.\pi.0,1^2}{4}.0,2 = 1,6V$$

a) Điện tích của tụ điện: $Q = CU = CE = 1.1,6 = 1,6\mu C$.

b) Cường độ dòng cảm ứng và công suất nhiệt trong cuộn dây

Điện trở của cuộn dây: $R = \rho\frac{l}{S} = \rho\frac{N.\pi.d}{S} = 2.10^{-8}\frac{\pi.0,1.1000}{0,2.10^{-6}} = 32\Omega$.

Cường độ dòng cảm ứng qua cuộn dây: $I = \frac{E}{R} = \frac{1,6}{32} = 0,05A$.

Công suất nhiệt của cuộn dây: $P = RI^2 = 32.0,05^2 = 0,08W$.

Vậy: Cường độ dòng cảm ứng và công suất nhiệt trong cuộn dây là 0,05A và 0,08W.

14.8. Vòng dây dẫn diện tích $S = 100cm^2$, điện trở $R = 0,01\,\Omega$ quay đều trong từ trường đều B = 0,05T, trục quay là một đường kính của vòng dây và vuông góc với $\vec{B}$. Tìm cường độ trung bình của dòng điện trong vòng và điện lượng qua tiết diện vòng dây nếu trong thời gian $\Delta t = 0,5s$, góc $\alpha = (\vec{n}, \vec{B})$ thay đổi từ 60^0 đến 90^0.

Bài giải

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{BS(\cos 90^0 - \cos 60^0)}{\Delta t}\right| = \frac{0,05.100.10^{-4}.\cos 60^0}{0,5} = 5.10^{-4}V$$

Cường độ trung bình của dòng điện trong vòng dây: $I = \frac{E}{R} = \frac{5.10^{-4}}{0,01} = 0,05A$

Điện lượng qua tiết diện vòng dây: q = It = 0,05.0,5 = 0,025C.

Vậy: Cường độ trung bình của dòng điện trong vòng dây và điện lượng qua tiết diện vòng dây là 0,05A và 0,025C.

14.9. Vòng dây dẫn đồng chất đặt trong từ trường biến thiên đều có $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng vòng dây.

a) Tính hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trên vòng.

b) Mắc vào hai điểm bất kì của vòng một vôn kế điện từ, kim vôn kế có lệch không ?

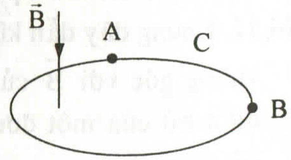
Bài giải

a) Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trên vòng

– Xét đoạn dây ACB, ta có: $E_{ACB} = \frac{R_{ACB}}{R}.E$ (E tỉ lệ với chiều dài dây hay tỉ lệ với điện trở dây).

– Giả sử dòng điện có chiều như hình vẽ, theo định luật Ôm ta có:

$$U_{AB} = IR_{ACB} - E_{ACB} = \frac{R_{ACB}}{R}.E - \frac{R_{ACB}}{R}.E = 0$$

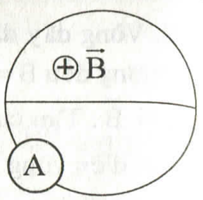


Vậy: Hiệu điện thế giữa hai điểm bất kì trên vòng là U = 0.

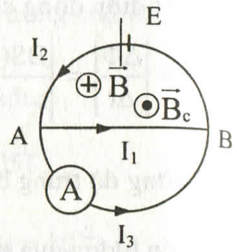
b) Kim vôn kế có lệch không?

Mặc dù $U_{AB} = 0$ nhưng trong mạch vẫn có dòng điện được duy trì bởi trường lực lạ. Trên đoạn mạch AB ta có: $U_v \approx E$. Do đó khi mắc vôn kế vào hai điểm A và B vôn kế sẽ bị lệch.

14.10. Khung dây dẫn tiết diện đều có dạng hai nửa đường tròn như hình vẽ, đường kính d = 40cm, điện trở của một đơn vị chiều dài dây $R_0 = 0,5\Omega/m$. Khung dây đặt trong từ trường đều có $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng khung. Một ampe kế ($R_A = 0$) được mắc nối tiếp trong mạch như hình vẽ. Tính số chỉ của ampe kế nếu B thay đổi theo thời gian theo quy luật B = Kt, K = 2T/s.



Bài giải



Điện trở R_1 là điện trở đường kính của khung:

$R_1 = dR_0 = 0,4.0,5 = 0,2\Omega$

Điện trở R_2, R_3 là điện trở nửa đường tròn:

$$R_2 = R_3 = \frac{\pi d}{2}.0,5 = \frac{\pi.0,4}{2}.0,5 = 0,1\pi(\Omega)$$

Điện trở toàn mạch: $R = R_2 + \frac{R_1.R_3}{R_1 + R_3} = 0,1\pi + \frac{0,2.0,1\pi}{0,2 + 0,1\pi} = 0,436\Omega$

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta BS}{\Delta t}\right| = 2S = 2.\frac{\pi d^2}{8} = 2.\frac{3,14.0,4^2}{8} = \frac{\pi}{25}$$

Cường độ dòng điện qua R_2: $I_2 = \frac{E}{R_{AB}} = \frac{\frac{\pi}{25}}{0,436} = 0,288A$.

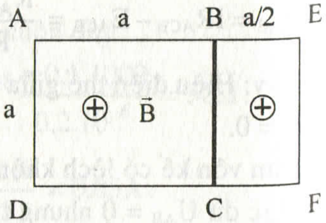
Hiệu điện thế 2 đầu R_1: $U_1 = E - R_2I_2 = \frac{\pi}{25} - 0,1\pi.0,288 = 0,035V$.

Cường độ dòng điện qua R_3: $I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{0,035}{0,1\pi} \approx 0,1A$.

Vậy: Số chỉ của ampe kế là 0,1A.

14.11. Khung dây dẫn kích thước như hình vẽ, đặt vuông góc với $\vec{B}$ của từ trường đều, B = Kt, điện trở của một đơn vị chiều dài của khung dây là r.

Tính cường độ dòng điện qua từng phần của khung dây.

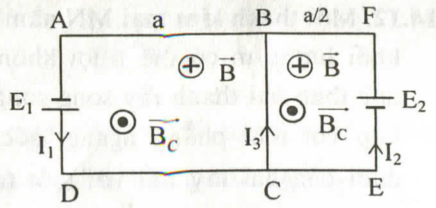


Bài giải

– Xét khung dây ABCD:

+ Suất điện động cảm ứng E_1:

$$E_1 = \left|\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right|.S_1 = kS_1 = ka^2(V)$$



+ Chiều dòng điện cảm ứng I_1: $\vec{B}$ tăng nên $\vec{B_0}$ ngược chiều với $\vec{B}$, dòng I_1 đi từ A đến D.

+ Với dòng điện I_1, E_1 tương đương với nguồn có cực âm nối với A, cực dương nối với D.

– Xét khung dây BCEF:

+ Suất điện động cảm ứng E_2: $E_2 = \left|\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}\right| = \left|\frac{\Delta B}{\Delta t}\right|.S_2 = k.S_2 = \frac{ka^2}{2}(V)$

+ Chiều dòng điện cảm ứng I_2: $\vec{B}$ tăng nên $\vec{B_0}$ ngược chiều với $\vec{B}$, dòng I_2 đi từ E đến F.

+ Với dòng điện I_2, E_2 tương đương với nguồn có cực âm nối với E, cực dương nối với F.

– Áp dụng định luật Ôm cho các đoạn mạch BC, ta có:

+ $U_{BC} = -E_1 + I_1.3ar = -I_3ar \Rightarrow -Ka^2 + I_1.3ar = -I_3ar.$ (1)

+ $U_{BC} = E_2 - I_2.2ar = -I_3ar \Rightarrow \frac{Ka^2}{2} - I_2.2ar = -I_3ar.$ (2)

+ $I_1 = I_2 + I_3$ (3)

– Lấy (1) trừ (2): $3arI_1 + 2arI_2 = 1,5Ka^2$ (4)

– Thế (3) vào (1): $3arI_1 - Ka^2 = -(I_1 - I_2).ar$

$\Leftrightarrow 4arI_1 - arI_2 = Ka^2 \Leftrightarrow 8arI_1 - 2arI_2 = 2Ka^2$ (5)

– Lấy (4) cộng (5): $11arI_1 = 3,5Ka^2 \Rightarrow I_1 = \frac{7Ka}{22r}$

– Thay $I_1 = \frac{7Ka}{22r}$ vào (4): $I_2 = \frac{1,5Ka^2 - 3ar\frac{7Ka}{22r}}{2ar} = \frac{3Ka}{11r}$

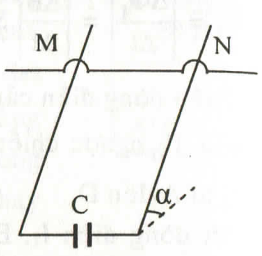
– Thay I_1 và I_2 vào (3): $I_3 = I_1 - I_3 = \frac{7Ka}{22r} - \frac{3Ka}{11r} = \frac{Ka}{22r}$

Vậy: +Cường độ dòng điện qua nhánh trái: $I_1 = I_{BAC} = \frac{7Ka}{22r}$.

+Cường độ dòng điện qua nhánh giữa: $I_3 = I_{CB} = \frac{Ka}{22r}$.

+Cường độ dòng điện qua nhánh phải: $I_2 = I_{CEB} = \frac{3Ka}{11r}$.

14.12. Một thanh kim loại MN nằm ngang có khối lượng m có thể trượt không ma sát dọc theo hai thanh ray song song, các ray hợp với mặt phẳng ngang, góc α. Đầu dưới của hai ray nối với một tụ điện C. Hệ thống đặt trong một từ trường $\vec{B}$ thẳng đứng hướng lên. Khoảng cách giữa hai ray là *l*. Bỏ qua điện trở của mạch. Tính gia tốc chuyển động của thanh MN.



Bài giải

- Khi thanh chuyển động, suất điện động cảm ứng E_C bằng:

$$E_C = Blv.\sin(\frac{\pi}{2} - \alpha) = Blv.\cos\alpha = u_C$$

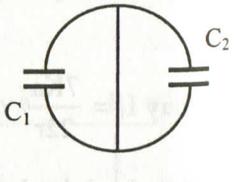
- Điện tích trên tụ điện: $q = Cu_C = CBlv.\cos\alpha$.
- Cường độ dòng điện xuất hiện trong mạch: $i = \frac{d_q}{d_t} = CBla.\cos\alpha$
- Lực từ tác dụng lên thanh: $F = Bil = CB^2l^2a.\cos\alpha$.
- Từ định luật II Niu–tơn, ta có: $P\sin\alpha - F\cos\alpha = ma$

$\Leftrightarrow mg.\sin\alpha - CB^2l^2a.\cos^2\alpha = ma \Leftrightarrow a(m + CB^2l^2.\cos^2\alpha) = mg.\sin\alpha$

$$\Rightarrow a = \frac{mg\sin\alpha}{m + CB^2l^2.\cos^2\alpha}$$

Vậy: Gia tốc chuyển động của thanh MN là $a = \frac{mg\sin\alpha}{m + CB^2l^2.\cos^2\alpha}$.

14.13. Một vòng dây dẫn tròn bán kính R có một thanh dẫn đặt dọc theo một đường kính chia đôi vòng dây. Ở giữa mỗi nửa vòng dây có một tụ điện, điện dung C_1, C_2. Vòng dây đặt trong từ trường đều có $\vec{B}$ vuông góc với mặt phẳng vòng dây, B thay đổi theo quy luật $B(t) = Kt$, K là một hằng số. Tại một thời điểm nào đó người ta lấy thanh dẫn đi rồi sau đó giữ cho từ trường không đổi. Tìm điện tích trên các tụ sau đó.



Bài giải

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{\Delta B}{\Delta t}.S = K.\frac{\pi R^2}{2} = \frac{\pi R^2 K}{2}$$

- Điện tích trên mỗi tụ:

$$Q_1 = C_1U_1 = C_1E = \frac{\pi R^2 KC_1}{2};\ Q_2 = C_2U_2 = C_2E = \frac{\pi R^2 KC_2}{2}.$$

- Khi lấy thanh dẫn đi rồi sau đó giữ cho từ trường không đổi tức là ta nối 2 bản tụ có điện tích khác dấu với nhau, điện tích của 2 tụ bây giờ là $Q_1^{'}, Q_2^{'}$.
- Theo định luật bảo toàn điện tích: $Q_1^{'} + Q_2^{'} = Q_2 - Q_1$.
- Mặt khác: $U_1^{'} = U_2^{'} \Leftrightarrow \frac{Q_1^{'}}{C_1} = \frac{Q_2^{'}}{C_2} = \frac{Q_1^{'} + Q_2^{'}}{C_1 + C_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{C_1 + C_2} = \frac{\pi R^2 K(C_2 - C_1)}{2(C_1 + C_2)}$

$$\Rightarrow Q_1^{'} = \frac{\pi R^2 KC_1}{2}.\frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2};\ Q_2^{'} = \frac{\pi R^2 KC_2}{2}.\frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}.$$

Vậy: Điện tích trên các bản tụ sau khi lấy thanh dẫn đi là

$$Q_1^{'} = \frac{\pi R^2 KC_1}{2}.\frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2};\ Q_2^{'} = \frac{\pi R^2 KC_2}{2}.\frac{C_2 - C_1}{C_1 + C_2}.$$

14.14. Một cái vòng có đường kính d, khối lượng m và điện trở R rơi vào một từ trường từ độ cao khá lớn. Mặt phẳng vòng luôn nằm ngang và vuông góc với B. Tìm vận tốc rơi đều của vòng nếu B thay đổi theo độ cao h theo quy luật $B = B_0(1 + \alpha h)$. Coi gia tốc trọng trường g là không đổi và bỏ qua sức cản của môi trường.

Bài giải

Khi vòng rơi đều, động năng của vòng không đổi nên độ giảm thế năng của vòng bằng nhiệt lượng do vòng tỏa ra.

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng: $E_c = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.

$$\Rightarrow E_c = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = \frac{\Delta(B_0(1 + \alpha h).\frac{\pi d^2}{4})}{\Delta t} = \frac{\pi d^2}{4}.B_0\alpha.\frac{\Delta h}{\Delta t}$$

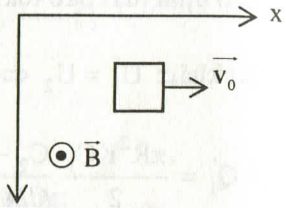
Vì $\frac{\Delta h}{\Delta t} = v \Rightarrow E_c = \frac{\pi d^2}{4}.B_0\alpha.v$ (v là vận tốc rơi đều của vòng).

- Cường độ dòng điện trong vòng: $I = \frac{E_c}{R} = \frac{\pi d^2 B_0\alpha v}{4R}$.
- Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có: $mgh = RI^2t$, với $\frac{h}{t} = v$.

$$\Rightarrow mgv = RI^2 = R.\left(\frac{\pi d^2 B_0\alpha v}{4R}\right)^2 = \frac{\pi^2 d^4 B_0^2\alpha^2 v^2}{16R} \Rightarrow v = \frac{16mgR}{\pi^2 d^4 B_0^2\alpha^2}$$

Vậy: Vận tốc rơi đều của vòng là $v = \dfrac{16mgR}{\pi^2 d^4 B_0^2 \alpha^2}$.

14.15. Một khung dây dẫn hình vuông cạnh a, khối lượng m, điện trở R được truyền một vận tốc ban đầu theo phương ngang. Khung chuyển động trong mặt phẳng thẳng đứng trong một từ trường vuông góc với mặt khung. Cảm ứng từ B thay đổi theo quy luật B(y) = $B_0 + kv$, k = const. Sau một thời gian khung đạt vận tốc không đổi v. Tìm vận tốc ban đầu truyền cho khung. Coi gia tốc trọng trường g là không đổi và bỏ qua lực cản của môi trường.



Bài giải

- Chuyển động của khung dây là tổng hợp của chuyển động đều với vận tốc được truyền $\vec{v_0}$ theo phương nằm ngang (theo trục x) và chuyển động theo phương thẳng đứng (dọc theo trục z).
- Theo phương thẳng đứng, khung chịu tác dụng của lực trọng trường và lực từ giữa dòng điện cảm ứng trong khung và từ trường. Lúc đầu, khung rơi nhanh dần, sau đó đạt vận tốc không đổi nên: $mg = BIl$
- Cường độ dòng điện trong khung: $I = \dfrac{e_C}{R} = \dfrac{\Delta B.S}{R.\Delta t} = \dfrac{ka^2}{R}|v_z|$

$$\Rightarrow mg = ka.\frac{ka^2}{R}.|v_z|.a \Rightarrow v_z = \frac{mgR}{k^2a^4}.$$

- Vận tốc toàn phần v của khung khi chuyển động đều:

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_z^2}. \Rightarrow v_0 = \sqrt{v^2 - v_z^2} = \sqrt{v^2 - (\frac{mgR}{k^2a^4})^2}$$

14.16. Để đo cảm ứng từ giữa hai cực của một nam châm điện, người ta đặt vào đó một cuộn dây nhỏ gồm N = 50 vòng, nối với một điện kế xung kích, mặt phẳng cuộn dây vuông góc với $\vec{B}$, diện tích vòng dây $S = 2cm^2$, điện trở cuộn dây rất nhỏ, điện trở điện kế $R = 2.10^3\Omega$. Khi kéo nhanh cuộn dây ra khỏi từ trường của nam châm thì điện kế lệch 50 độ chia. Biết khi có một điện lượng 2.10^{-8}C đi qua điện kế thì kim điện kế lệch một độ chia. Tính cảm ứng từ của nam châm điện.

Bài giải

- Điện kế xung kích là một loại điện kế nhạy, mà bộ phận động (khung dây) có quán tính lớn, nên có chu kì dao động riêng lớn. Khi có một xung dòng điện ngắn chạy qua điện kế xung kích, điện kế chỉ một độ lệch. Độ lệch này tỉ lệ với điện lượng do dòng điện chuyển qua điện kế, nếu thời gian dòng điện chạy qua là nhỏ so với chu kì dao động riêng của bộ phận động trong điện kế. Đại lượng xác định bằng tỉ lệ giữa điện lượng chuyển qua điện kế và độ lệch của điện kế gọi là hằng số xung kích của điện kế.
- Để đo cảm ứng từ, ta đặt cuộn dây vào khu vực cần đo, sao cho mặt phẳng của cuộn dây vuông góc với từ trường. Khi đó từ thông qua cuộn dây là cực đại. Sau đó ta kéo nhanh cuộn dây ra khỏi từ trường, khiến cho từ thông qua cuộn dây giảm đến không. Trong cuộn dây xuất hiện suất điện động cảm ứng và trong mạch của cuộn dây và điện kế có một dòng điện ngắn, chuyển qua điện kế một điện lượng cảm ứng. Từ trường càng mạnh, thì khi ta kéo cuộn dây ra, độ biến thiên từ thông càng lớn và điện lượng chuyển qua điện kế xung kích càng lớn. Vì vậy, bằng cách xác định độ lệch của điện kế, ta đo được cảm ứng từ. Trong thực tế, người ta rất hay dùng phương pháp này để đo cảm ứng từ.
- Từ thông qua n vòng của cuộn dây khi nó nằm trong từ trường là: $\Phi_1 = BSn$.
- Khi ta kéo cuộn dây ra khỏi từ trường, từ thông Φ_2 qua nó bằng không, do đó độ biến thiên từ thông là: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -BSn$.
- Khi từ thông qua cuộn dây biến thiên, trong cuộn dây xuất hiện suất điện động cảm ứng: $e_c = -\dfrac{d\Phi}{dt}$
- Trong mạch của cuộn dây và điện kế có dòng điện $I = \dfrac{e_c}{R}$. Điện lượng chuyển qua mạch điện kế trong khoảng thời gian dt là:

$$dq = Idt = \frac{e_c}{R}dt = -\frac{1}{R}d\Phi$$

- Khi từ thông biến thiên một lượng $\Delta\Phi$ thì điện lượng chuyển qua điện kế là: $\Delta q = \dfrac{-\Delta\Phi}{R}$. Do đó, khi ta kéo cuộn dây ra khỏi từ trường, điện lượng chuyển qua điện kế là: $\Delta q = \dfrac{-\Delta\Phi}{R} = \dfrac{BSn}{R}$. Điện lượng Δq chuyển qua điện kế xung kích chỉ một độ lệch β. Vì thế $\Delta q = \beta C$. Bằng cách đo độ lệch β, ta có thể xác định được cảm ứng từ B: $B = \dfrac{R.\Delta q}{Sn} = \dfrac{RC\beta}{Sn} = \dfrac{2.10^3.2.10^{-8}.50}{2.10^{-4}.50} = 0{,}2T$

Vậy: Cảm ứng từ của nam châm điện là B = 0,2T.

14.17. Một ống dây chiều dài $l = 60$cm, tiết diện $S = 1,45\text{cm}^2$ có lõi sắt từ. Trên ống dây có hai cuộn dây: cuộn 1 có $N_1 = 800$ vòng, cuộn 2 có $N_2 = 100$ vòng. Cuộn 2 được nối với một điện kế xung kích (kim điện kế lệch một độ chia khi có điện lượng $1,2.10^{-5}$C đi qua), cuộn 2 và điện kế có điện trở $R = 12\Omega$. Cho dòng điện 0,5A qua cuộn dây I rồi dùng một đảo điện để đổi chiều dòng điện này. Khi đó kim điện kế lệch 256 độ chia. Tính độ từ thẩm của lõi sắt trong điều kiện thí nghiệm trên.

Bài giải

– Xôlênôit có chiều dài lớn hơn bán kính tiết diện nên bên trong xôlênôit, từ trường là đều. Nếu lõi sắt từ có độ từ thẩm μ chiếm đầy không gian bên trong xôlênôit, thì cảm ứng từ bên trong xôlênôit lớn hơn khi không có lõi sắt μ lần: $B = \mu B_0 = \mu\mu_0 nI$

(trong đó $n = \frac{N_1}{l}$ là số vòng dây trên một đơn vị chiều dài của xôlênôit).

– Dòng điện chạy trong cuộn dây N_1 của xôlênôit gây ra từ trường B và từ thông $\Phi = BS$ qua tiết diện của xôlênôit. Nếu ta đổi chiều dòng điện qua xôlênôit, từ trường đổi chiều và từ thông đổi dấu. Độ biến thiên từ thông qua cuộn dây N_2 là $\Delta\Phi = 2N_2\Phi$. Cuộn dây N_2 nối với điện kế xung kích, nên khi từ thông qua cuộn này biến thiên ΔΦ, trong mạch của điện kế xung kích có điện lượng Δq chạy qua, với:

$$\Delta q = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{2N_2BS}{R}$$

– Điện kế xung kích chỉ một độ lệch $\alpha = \frac{\Delta q}{C}$.

$$\Rightarrow \alpha C = \frac{2N_2BS}{R} = \frac{2N_2\mu\mu_0 nIS}{R} = \frac{2N_2\mu\mu_0 N_1IS}{Rl}$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{C\alpha Rl}{2\mu_0 N_1N_2SI} = \frac{1,2.10^{-5}.256.12.0,6}{2.4\pi.10^{-7}.800.100.1,45.10^{-4}.0,5} = 1517.$$

Vậy: Độ từ thẩm của lõi sắt là μ = 1517.

Chú ý: Phương pháp nêu trong bài rất hay được dùng để đo độ từ thẩm của các vật liệu sắt từ. Bạn đọc có thể so sánh phép đo μ với phép đo cảm ứng từ khác, đặc biệt chú ý đến cách gây ra biến thiên từ thông.

– Trong phương pháp đo μ, ta có thể gây nên một độ biến thiên từ thông lớn ($\Delta\Phi = 2\Phi$) bằng cách đổi chiều dòng điện trong cuộn dây.

– Chú ý rằng độ từ thẩm μ của vật sắt từ không phải là một hằng số, mà phụ thuộc một cách phức tạp vào cảm ứng từ B_0 đặt vào vật liệu, tức là vào cường độ dòng điện chạy qua xôlênôit. Do đó, bằng phương pháp đo nêu trong bài, với những dòng điện qua xôlênôit từ nhỏ đến lớn, ta có thể nghiên cứu được sự biến đổi của μ theo B_0.

14.18. Vòng dây dẫn bán kính R đặt vuông góc với $\vec{B}$ của từ trường đều. B thay đổi theo thời gian theo quy luật B = kt, k = const. Tính cường độ điện trường xoáy E trên vòng.

Bài giải

– Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong vòng dây:

$$E = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{\Delta B.S}{\Delta t} = \frac{Sk.\Delta t}{\Delta t} = kS.$$

với $S = \pi R^2 \Rightarrow E = k\pi R^2$ (1)

– Mặt khác: suất điện động chính là công của điện trường xoáy (tức trường lực lạ) thực hiện khi dịch chuyển một đơn vị điện tích dương dọc theo vòng dây kín:

$$E = \frac{A}{q} = \frac{Fl}{q} = \frac{F.2\pi R}{q} \quad (2)$$

– Từ (1) và (2) ta có:

$$k\pi R^2 = \frac{F.2\pi R}{q} = E_0.2\pi R \quad (E_0 = \frac{F}{q}) \Rightarrow E_0 = \frac{kR}{2}$$

Vậy: Cường độ điện trường xoáy E trên vòng dây là $E_0 = \frac{kR}{2}$.

2. ĐOẠN DÂY DẪN CHUYỂN ĐỘNG TRONG TỪ TRƯỜNG

14.19. Đoạn dây dẫn $l = 1$m chuyển động với vận tốc v = 0,5m/s theo phương hợp với $\vec{B}$ của từ trường đều góc $\alpha = 30^0$, B = 0,2T. Tính suất điện động xuất hiện trong dây.

Bài giải

Suất điện động xuất hiện trong cuộn dây:

$E = Blv\sin\alpha = 0,2.1.0,5.\sin 30^0 = 0,05V.$

Vậy: E = 0,05V.

14.20. Máy bay có chiều dài $l = 50$m bay theo phương ngang với vận tốc v = 720 km/h. Biết thành phần thẳng đứng của cảm ứng từ Trái Đất $B = 5.10^{-5}$T.

a) Tìm hiệu điện thế xuất hiện ở hai đầu cánh.

b) Có thể dùng vôn kế trên máy bay đo hiệu điện thế này để suy ra vận tốc máy bay được không ? Vì sao ?

Bài giải

Ta có: v = 720 km/h = 200 m/s.

a) Hiệu điện thế ở hai đầu cánh

– Máy bay chuyển động giống như một thanh kim loại chuyển động trong từ trường Trái Đất.

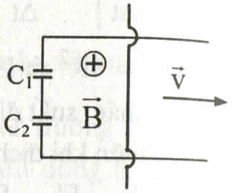
– Hiệu điện thế ở hai đầu cánh bằng suất điện động cảm ứng:

$U = E_c = Blv\sin\alpha = 5.10^{-5}.50.200.1 = 0,5V$

b) Có thể dùng vôn kế trên máy bay đo hiệu điện thế ở hai đầu cánh không?

Khi nối hai đầu cánh với một vôn kế ta có một mạch kín. Khi máy bay chuyển động, từ thông qua mạch không đổi nên $E_c = 0$ nên không thể đo vận tốc máy bay bằng cách đo hiệu điện thế giữa hai đầu cánh máy bay.

14.21. Thanh kim loại AB được kéo trượt đều trên hai thanh ray trong mặt phẳng nằm ngang với vận tốc v = 10m/s. Hai ray cách nhau đoạn l = 0,5m và đặt trong từ trường đều thẳng đứng, cảm ứng từ B. Mắc hai tụ điện C_1, C_2 (với $C_2 = 1,5C_1$) nối tiếp nhau vào đầu hai ray. Biết hiệu điện thế hai đầu tụ C_2 là 0,5V. Tính B.



Bài giải

Suất điện động xuất hiện trên thanh AB: $E = Blv\sin\alpha = B.0,5.10.1 = 5B$

Vì C_1 nối tiếp C_2 nên: $U_1 + U_2 = U$, với $U_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q}{C_1}$.

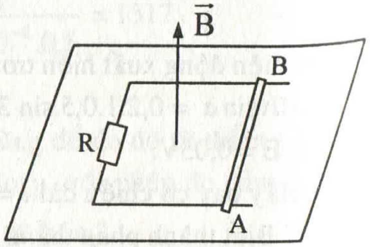
$$\Rightarrow U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{1,5C_1} = \frac{U_1}{1,5} = 0,5$$

$\Rightarrow U_1 = 0,75V$ và $U = 0,5 + 0,75 = 1,25V$.

Ta có: $E = U = 5B = 1,25 \Rightarrow B = 0,25T$.

Vậy: Độ lớn cảm ứng từ B = 0,25T.

14.22. Thanh kim loại AB = l = 20cm được kéo trượt đều trên hai thanh ray kim loại nằm ngang như hình vẽ. Các ray nối với nhau bằng điện trở R = 1,5Ω. Vận tốc AB là v = 6m/s. Hệ thống đặt trong một từ trường đều B thẳng đứng (B = 0,4T). Bỏ qua điện trở ray và thanh AB.



Tìm cường độ dòng điện cảm ứng qua R.

Bài giải

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh: $E = Blv\sin\alpha = 0,4.0,2.6 = 0,48V$.

Cường độ dòng điện cảm ứng qua R: $I = \frac{E}{R} = \frac{0,48}{1,5} = 0,32A$.

Vậy: Cường độ dòng điện cảm ứng qua R là I = 0,32A.

14.23. Cho mạch điện trong từ trường giống như bài trên. Vận tốc chuyển động của thanh AB là v = 10m/s, điện trở R = 150Ω, cường độ dòng điện cảm ứng I = 0,2A. Bỏ qua ma sát. Tìm lực kéo tác dụng lên AB.

Bài giải

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh: $E = Blv\sin\alpha = RI$.

$$\Rightarrow B = \frac{RI}{lv} = \frac{150.0,2}{0,2.10} = 15T$$

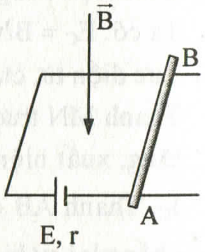
Lực kéo tác dụng lên AB: $F_{kéo} = F_{từ} = BIl = 15.0,2.0,2 = 0,6N$.

Vậy: Lực kéo tác dụng lên AB là 0,6N.

14.24. Cho hệ thống như hình vẽ, thanh kim loại AB = l = 20cm, khối lượng m = 10g, $\vec{B}$ vuông góc với khung dây dẫn (B = 0,1T) nguồn có suất điện động và điện trở trong là E = 1,2V; r = 0,5Ω. Do lực điện từ và ma sát, AB trượt đều với vận tốc v = 10m/s. Bỏ qua điện trở các thanh ray và các nơi tiếp xúc.

a) Tính độ lớn và chiều dòng điện trong mạch, hệ số ma sát giữa AB và ray.

b) Muốn dòng điện trong thanh AB chạy từ B đến A, cường độ 1,8A phải kéo AB trượt theo chiều nào, vận tốc và lực kéo bao nhiêu?



Bài giải

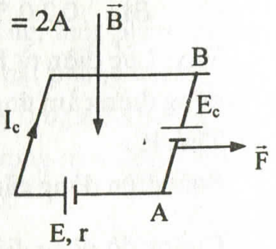
a) Độ lớn và chiều dòng điện trong mạch, hệ số ma sát giữa AB và ray

Dưới tác dụng của lực từ, thanh AB sẽ chuyển động sang phải, trên thanh AB sẽ xuất hiện suất điện động cảm ứng: $E_C = Blv = 0,1.0,2.10 = 0,2V$

Cường độ dòng điện trong mạch: $I = \frac{E - E_C}{r} = \frac{1,2 - 0,2}{0,5} = 2A$

Vì thanh trượt đều nên: $F = F_{ms} \Leftrightarrow BIl = \mu mg$

$$\Rightarrow \mu = \frac{BIl}{mg} = \frac{0,1.2.0,2}{0,01.10} = 0,4$$



Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch là I = 2A, hệ số ma sát giữa thanh AB và ray là 0,4.

b) Chiều, vận tốc và độ lớn lực kéo thanh

Để dòng điện trong thanh AB chạy từ B đến A thì theo quy tắc "Bàn tay trái", thanh AB phải trượt sang phải:

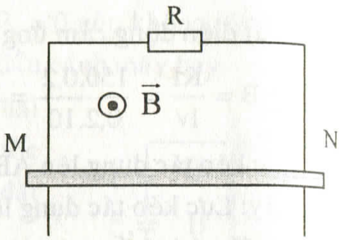
$$\text{Từ } I = \frac{E - E_C}{r} = \frac{E - Blv}{r} \Rightarrow v = \frac{E - Ir}{Bl} = \frac{1,2 - 1,8.0,5}{01.0,2} = 15\text{m/s}$$

Lực kéo tác dụng lên AB: $F_k + F - F_{ms} = 0$

$\Rightarrow F_k = F_{ms} - F = \mu mg - BIl = 0,4.0,01.10 - 0,1.1,8.0,2 = 4.10^{-3}$N.

Vậy: Vận tốc của thanh là v = 15m/s, độ lớn của lực kéo thanh là $F_k = 4.10^{-3}$N.

14.25. Thanh đồng MN khối lượng m = 2g trượt đều không ma sát với v = 5m/s trên hai thanh đồng thẳng đứng song song cách nhau khoảng l = 50cm từ trường B nằm ngang như hình vẽ, B = 0,2T. Bỏ qua điện trở các thanh và điện trở tiếp xúc. Cho g = 10m/s².



a) Tính suất điện động cảm ứng trong MN.

b) Tính lực điện từ, chiều và độ lớn dòng điện cảm ứng.

c) Tính R.

Bài giải

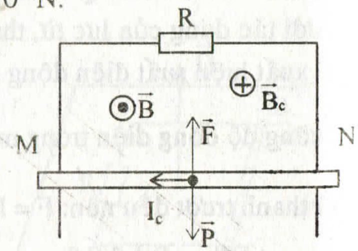
a) Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh MN

Ta có: $E_C = Blv\sin\alpha = 0,2.0,5.5.1 = 0,5$V.

b) Lực điện từ, chiều và độ lớn dòng điện cảm ứng

- Thanh MN trượt xuống do tác dụng của trọng lực. Lúc đó từ thông qua mạch tăng, xuất hiện suất điện động cảm ứng E_C và cường độ dòng điện cảm ứng I_C. Thanh AB có dòng điện I_C đi qua sẽ chịu lực từ $\vec{F}$ của từ trường $\vec{B}$. Để chống lại sự biến thiên từ thông qua mạch, lực từ $\vec{F}$ sẽ có chiều hướng lên.
- Khi thanh rơi đều: $F = P = mg = 2.10^{-3}.10 = 2.10^{-2}$N.
- Độ lớn dòng điện cảm ứng:

$$I_C = \frac{F}{Bl} = \frac{2.10^{-2}}{0,2.0,5} = 0,2\text{A}.$$



Vậy: Lực điện từ $F = 2.10^{-2}$N, dòng điện cảm ứng $I_C = 0,2$A.

c) Tính R

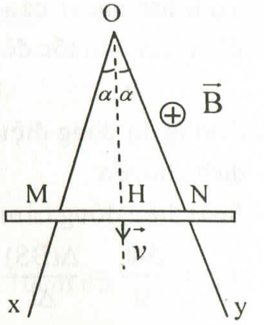
Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh: $E_C = Blv = 0,2.0,5.5 = 0,5$V

Cường độ dòng điện xuất hiện trong mạch: $I_C = \dfrac{E_C}{R}$.

$$\Rightarrow R = \frac{E_C}{I_C} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5\Omega.$$

Vậy: R = 2,5 Ω.

14.26. Một hệ thống dây dẫn đặt nằm ngang như hình. Thanh Hz trượt trên các cạnh Ox, Oy và luôn vuông góc với phân giác OH, Hz tiếp xúc với Ox, Oy tại M và N. Góc xOy = 2α. Vận tốc chuyển động của thanh Hz không đổi và bằng v. Các dây dẫn đều cùng làm bằng một chất, cùng tiết diện và có điện trở bằng r cho mỗi đơn vị dài. Bỏ qua điện trở tiếp xúc tại M, N.



Hệ thống đặt trong một từ trường đều thẳng đứng, có cảm ứng từ B. Khi thanh Hz trượt trên Ox, Oy, hãy xác định chiều và cường độ dòng điện cảm ứng chạy qua MN.

Bài giải

- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên MN: $E_c = Blv$.
- Điện trở của toàn mạch: R = (2OM + MN)r

với $\sin\alpha = \dfrac{MN}{2OM} \Rightarrow OM = \dfrac{MN}{2\sin\alpha} = \dfrac{l}{2\sin\alpha}$

$$\Rightarrow R = (\frac{l}{\sin\alpha} + l)r = l(\frac{1}{\sin\alpha} + 1)r$$

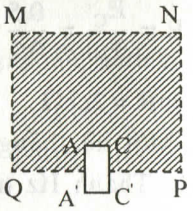
- Cường độ dòng điện chạy trong dây dẫn MN:

$$I = \frac{E_C}{R} = \frac{Blv}{l(\frac{1 + \sin\alpha}{\sin\alpha})r} = \frac{Bv\sin\alpha}{(1 + \sin\alpha)r}$$

- Theo quy tắc "Bàn tay phải" ta xác định được chiều dòng điện qua MN từ M đến N.

Vậy: Cường độ dòng điện cảm ứng chạy qua MN là $I = \dfrac{Bv\sin\alpha}{(1 + \sin\alpha)r}$.

14.27. Khung dây dẫn hình chữ nhật ACCA đặt thẳng đứng, một phần khung nằm trong từ trường có đường cảm ứng vuông góc với mặt phẳng khung. Từ trường coi là đều (B = 1T) trong khoảng MNPQ và bằng 0 ngoài khoảng đó. Cho AC = l = 10cm, khung có điện trở R = 0,2Ω, khối lượng m = 20g. Khung được di chuyển thẳng đứng đi xuống với vận tốc v = 2 m/s.



a) Tính cường độ dòng điện cảm ứng trong khung và nhiệt lượng do khung tỏa ra khi dịch chuyển đoạn 10cm.

b) Tính lực ngoài cần tác dụng để khung chuyển động với vận tốc đều như trên.

Bài giải

a) Cường độ dòng điện cảm ứng trong khung và nhiệt lượng do khung tỏa ra khi dịch chuyển

– Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung:

$$E_C = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta(BS)}{\Delta t} = \frac{B.\Delta S}{\Delta t} = \frac{Bl\Delta x}{\Delta t} = \frac{1.0,1.0,1}{\Delta t}$$

– Thời gian khung dịch chuyển:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0,1}{2} = 0,05s \Rightarrow E_C = \frac{0,1.0,1}{0,05} = 0,2V$$

– Cường độ dòng điện cảm ứng: $I_C = \frac{E_C}{R} = \frac{0,2}{0,2} = 1A$.

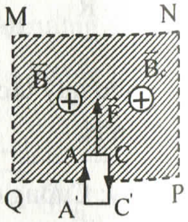
– Nhiệt lượng tỏa ra trên khung: $Q = RI^2t = 0,2.1^2.0,05 = 0,01J$.

Vậy: Khi khung dịch chuyển, cường độ dòng điện trong khung là 1A, nhiệt lượng tỏa ra trên khung là 0,01J.

b) Lực ngoài cần tác dụng

Giả sử cảm ứng từ $\vec{B}$ có chiều từ trước ra sau mặt phẳng hình vẽ.

– Khi khung chuyển động xuống dưới, từ thông qua khung giảm, $\overrightarrow{B_C}$ cùng chiều với $\vec{B}$, dòng điện cảm ứng I_C có chiều $A \to C \to C' \to A'$.



– Lực từ tác dụng lên cạnh AC có chiều hướng lên trên, lực từ tác dụng lên các cạnh AA' và CC' sẽ cân bằng nhau:

Ta có: $P = mg = 0,02.10 = 0,2N$.

$F = BIl\sin\alpha = 1.1.0,1 = 0,1N$.

– Để thanh chuyển động đều với vận tốc v = 2m/s cần tác dụng lực ngoài:

F = P – F = 0,2 – 0,1 = 0,1N theo chiều hướng lên trên (do P > F).

14.28. Thanh kim loại $l = 1,2m$ quay trong từ trường đều quanh trục Δ, Δ vuông góc với thanh và song song $\vec{B}$, B = 0,05T. Vận tốc quay của thanh là ω = 120 vòng/phút. Tìm hiệu điện thế hai đầu thanh nếu trục quay:

a) Qua một đầu thanh.

b) Qua một điểm trên thanh cách một đầu thanh 10cm.

Bài giải

– Khi thanh quay 1 vòng thì thanh sẽ quét diện tích: $S = \pi R^2$.

– Khi thanh quay 1 phút thì thanh sẽ quét 1 diện tích là: $\Delta S = \omega S = 120\pi R^2$.

– Hiệu điện thế 2 đầu thanh sẽ bằng suất điện động cảm ứng:

$$U = E_C = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{B\Delta S}{\Delta t} = \frac{B.120\pi R^2}{\Delta t}$$

a) Khi trục quay qua một đầu thanh thì R = l = 1,2m:

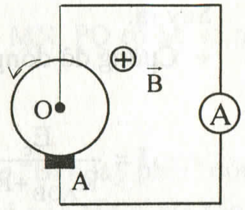
$$U = \frac{0,05.120.\pi.1,2^2}{60} = 0,45V$$

b) Khi trục quay qua một điểm trên thanh cách 1 đầu thanh 10cm thì R = 1 + 0,1 = 1,1m.

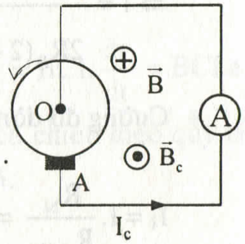
$$U = \frac{0,05.120\pi.1,1^2}{60} = 0,38V.$$

14.29. Đĩa kim loại bán kính r = 10cm đặt vuông góc với $\vec{B}$ của từ trường đều, B = 0,1T như hình vẽ, đĩa quay với tần số n = 3 vòng/s. Các tiếp điểm tại O, A nối đĩa với ampe kế.

Tính suất điện động cảm ứng giữa O, A và chiều dòng điện cảm ứng.



Bài giải



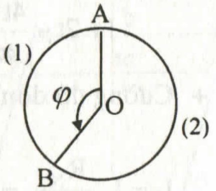
– Suất điện động cảm ứng xuất hiện giữa O và A:

$$E_C = \left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{B\Delta S}{\Delta t}.$$

– Khi đĩa tròn quay thì đĩa sẽ quét một diện tích: $\Delta S = \omega\pi R^2$.

$$\Rightarrow E_C = \frac{B.\omega\pi R^2}{t} = \frac{0,1.3.\pi.0,1^2}{1} = 9,42.10^{-3}V$$

– Khi đĩa quay, từ thông tăng, từ trường cảm ứng $\overrightarrow{B_C}$ ngược chiều với $\vec{B}$, theo quy tắc nắm tay phải I_C có chiều từ A đến O.



14.30. Một vòng tròn bằng dây dẫn bán kính r = 10cm đặt trong từ trường đều vuông góc với mặt phẳng vòng, $B = 10^{-2}T$. Vòng nối với tâm bằng 2 thanh kim loại: OA cố định, OB quay quanh O với vận tốc góc ω = 4rad/s không đổi. Điện trở của mỗi đơn vị chiều dài vòng và thanh $R_0 = 1\Omega/m$.

Tính cường độ dòng điện qua các thanh và các cung của vòng tròn theo thời gian.

Bài giải

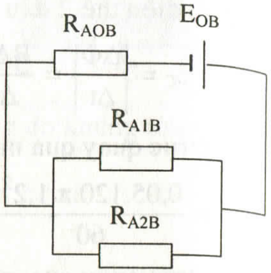
– Khi thanh OB quay, trên thanh xuất hiện suất điện động cảm ứng E_c. Suất điện động này được xác định như sau:

+ Độ biến thiên từ thông trong thời gian Δt:

$$\Delta\Phi = B\Delta S = B.\frac{\varphi r^2}{2} = \frac{B.\omega.\Delta t.r^2}{2}.$$

+ Suất điện động cảm ứng trên thanh OB:

$$E_c = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\omega r^2}{2}.$$



– Ta có: $R_{AOB} = R_{OA} + R_{OB} = 2rR_0$; $R_{A1B} = \varphi rR_0 = \omega rtR_0$;

$$R_{A2B} = (2\pi - \varphi)rR_0 = (2\pi - \omega t)rR_0.$$

$$\Rightarrow R_N = \frac{R_{A1B}.R_{A2B}}{R_{A1B}+R_{A2B}} = \frac{\omega rtR_0.(2\pi-\omega t)rR_0}{\omega rtR_0 + (2\pi-\omega t)rR_0} = \frac{\omega rt.(2\pi-\omega t)rR_0}{2\pi r}$$

Suy ra:

+ Cường độ dòng điện qua các thanh là:

$$I = \frac{E_c}{R_{AOB}+R_N} = \frac{\dfrac{B\omega r^2}{2}}{2rR_0 + \dfrac{\omega rt(2\pi-\omega t)rR_0}{2\pi r}}$$

$$\Rightarrow I = \frac{B\omega r}{2R_0\left(2+\omega t-\dfrac{\omega^2t^2}{2\pi}\right)} = \frac{10^{-2}.4.10^{-1}}{2.1\left(2+4t-\dfrac{4^2t^2}{2\pi}\right)} = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}$$

+ Cường độ dòng điện qua nhánh A1B là:

$$I_1 = I.\frac{R_N}{R_{A1B}} = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{\dfrac{\omega rt.(2\pi-\omega t)rR_0}{2\pi r}}{\omega rtR_0}$$

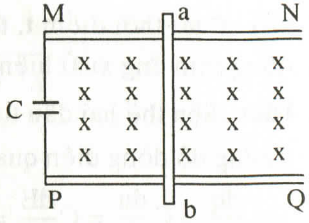
$$\Rightarrow I_1 = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{(2\pi-\omega t)}{2\pi} = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{2\pi-4t}{2\pi} = \frac{10^{-3}.(\pi-2t)}{\left(1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}\right)\pi}$$

+ Cường độ dòng điện qua nhánh A2B là:

$$I_2 = I.\frac{R_N}{R_{A2B}} = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{\dfrac{\omega rt.(2\pi-\omega t)r}{2\pi r}}{(2\pi-\omega t)r}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{\omega t}{2\pi} = \frac{10^{-3}}{1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}}.\frac{4t}{2\pi} = \frac{10^{-3}.2t}{\left(1+2t-\dfrac{4t^2}{\pi}\right)\pi}.$$

14.31. MN và PQ là hai thanh kim loại dài thẳng đặt song song với nhau trong mặt phẳng nằm ngang, hai đầu MN được nối với nhau qua tụ điện điện dung C, điện trở các thanh không đáng kể; ab là một thanh kim loại khối lượng m được đặt tựa lên MN và PQ như hình vẽ. Hệ nói trên nằm trong ảnh hưởng của từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ hướng vuông góc với tờ giấy, chiều từ trên xuống. Tác dụng một lực $\vec{F}$ nằm trong mặt phẳng tờ giấy sao cho thanh ab có chuyển động tịnh tiến với gia tốc a không đổi.



Hãy tìm độ lớn của lực $\vec{F}$. Giữa thanh ab và các thanh MN, PQ có hệ số ma sát là μ, khoảng cách giữa MN và PQ là L.

Bài giải

Giả sử thanh ab chuyển động ra xa tụ điện, theo quy tắc "Bàn tay phải" dòng điện sẽ có chiều từ b đến a. Tại thời điểm t, thanh ab có vận tốc v, gia tốc a.

Suất điện động cảm ứng trên thanh ab là: $E = BLv$.

– Hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện là: $U = E = BLv$.

– Cường độ dòng điện qua mạch là: $i = \dfrac{dq}{dt} = C\dfrac{du}{dt} = C\dfrac{dE}{dt} = BCL\dfrac{dv}{dt} = BCLa$.

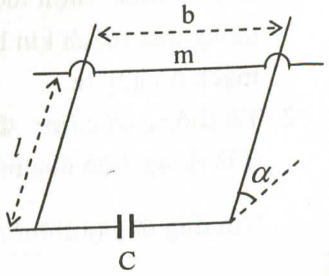
– Lực từ tác dụng lên thanh ab là: $F_t = BiL = B^2CL^2a$ và có chiều theo quy tắc "Bàn tay trái". Phương trình chuyển động của thanh ab là:

$$F - F_t - F_{ms} = ma \Rightarrow F = ma + \mu mg + B^2CL^2a$$

$$\Rightarrow F = m(a + \mu g) + B^2CL^2a$$

Vậy: Độ lớn của lực tác dụng lên thanh ab là $F = m(a + \mu g) + B^2CL^2a$.

14.32. Một thanh trượt bằng kim loại có khối lượng m, có thể trượt không ma sát dọc theo hai đường ray bằng kim loại đặt song song, nghiêng với phương ngang một góc α và cách nhau một đoạn là b. Các đường ray được nối kín ở bên dưới bằng một tụ chưa tích điện, có điện dung C.



Toàn thể hệ trên đây được đặt trong một từ trường đều có vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ thẳng đứng (hình vẽ). Vào thời điểm ban đầu, thanh trượt được giữ ở khoảng cách l đến cạnh đáy. Hỏi sau bao lâu từ lúc buông thanh trượt ra thì nó đạt đến cạnh đáy ? Tính vận tốc của nó khi đó ? Bỏ qua điện trở dây dẫn.

Bài giải

Giả sử tại thời điểm t, thanh trượt kim loại có vận tốc v, gia tốc a. Suất điện động cảm ứng xuất hiện trên thanh là: $E = Bbv.\sin\beta = Bbv.\cos\alpha$.

- Hiệu điện thế hai đầu tụ điện là: $U = E = Bbv.\cos\alpha$.
- Cường độ dòng điện qua mạch là:

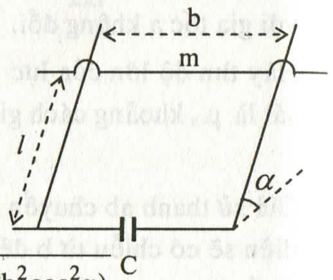
$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{du}{dt} = C\frac{dE}{dt} = BCb.\cos\alpha.\frac{dv}{dt} = BCba.\cos\alpha.$$

- Lực từ tác dụng lên thanh trượt là: $F = Bbi = B^2Cb^2a.\cos\alpha$ và có chiều được xác định theo quy tắc "Bàn tay trái". Phương trình chuyển động của thanh trượt là:

$$\vec{P} + \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow P\sin\alpha - F\cos\alpha = ma$$

$$\Leftrightarrow mg.\sin\alpha - B^2Cb^2a.\cos^2\alpha = ma$$

$$\Rightarrow a = \frac{mg\sin\alpha}{m + B^2Cb^2\cos^2\alpha}$$



- Thời gian từ lúc buông đến lúc chạm tụ điện là:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{\dfrac{mg\sin\alpha}{m + B^2Cb^2\cos^2\alpha}}} = \sqrt{\frac{2l(m + B^2Cb^2\cos^2\alpha)}{mg\sin\alpha}}$$

- Vận tốc của thanh khi chạm đến tụ điện là: $v = \sqrt{2as} = \sqrt{\dfrac{2mgl\sin\alpha}{m + B^2Cb^2\cos^2\alpha}}$.

Chuyên đề 15: HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

A. TÓM TẮT KIẾN THỨC

1. Định nghĩa*:* Hiện tượng tự cảm là hiện tượng cảm ứng điện từ xảy khi từ thông qua mạch kín biến thiên do chính sự biến thiên của dòng điện trong mạch đó gây ra.

2. Từ thông tự cảm: $\Phi = LI$

(I là dòng điện qua mạch, L là độ tự cảm của mạch.

Với ống dây (xôlênôit) thì $L = 4\pi.10^{-7}.\dfrac{\mu N^2S}{l}$.

μ là độ từ thẩm của lõi sắt từ; N, S, l là số vòng, tiết diện và chiều dài ống dây).

3. Suất điện động tự cảm: $E_{tc} = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L.\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

4. Năng lượng từ trường của ống dây:

- Năng lượng từ trường: $W = \dfrac{1}{2}LI^2 = \dfrac{1}{2}LI^2 = \dfrac{B^2}{8\pi.10^{-7}.\mu}.Sl$
- Mật độ năng lượng từ trường: $w = \dfrac{B^2}{8\pi.10^{-7}.\mu}$.

B. NHỮNG CHÚ Ý KHI GIẢI BÀI TẬP

- Áp dụng các công thức về hiện tượng tự cảm: từ thông tự cảm, độ tự cảm, suất điện động tự cảm, năng lượng từ trường...
- Coi suất điện động tự cảm như suất điện động cảm ứng bình thường (mạch có nguồn điện) khi kết hợp với các định luật Ôm để tính toán các đại lượng điện như I, U, r...

C. CÁC BÀI TẬP VỀ HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM

15.1. Xôlênôit dài $l = 31{,}4$cm, có N = 1000 vòng, diện tích mỗi vòng S = 10cm², có dòng I = 2A đi qua.

a) Tính từ thông qua mỗi vòng dây.

b) Tính suất điện động tự cảm trong xôlênôit khi ngắt dòng điện trong thời gian $\Delta t = 0{,}1$s, suy ra độ tự cảm của cuộn dây.

c) Giải lại bài toán khi xôlênôit có lõi, độ từ thẩm của lõi là μ = 500.

Bài giải

a) Từ thông qua mỗi vòng dây

Cảm ứng từ B trong ống dây: $B = 4\pi.10^{-7}\dfrac{N}{l}I$.

Từ thông tự cảm qua mỗi vòng dây: $\Phi' = BS = 4\pi.10^{-7}.\dfrac{N}{l}.SI$.

$$\Rightarrow \Phi' = 4\pi.10^{-7}.\frac{1000}{31{,}4.10^{-2}}.10.10^{-4}2 = 8.10^{-6}\text{ Wb}$$

Vậy: Từ thông qua mỗi vòng dây là $\Phi' = 8.10^{-6}$Wb.

b) Suất điện động tự cảm trong xôlênôit và độ tự cảm của cuộn dây

Suất điện động tự cảm: $e_C = \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = N\dfrac{\Delta\Phi'}{\Delta t} = 1000.\dfrac{8.10^{-6}}{0{,}1} = 0{,}08$V

Độ tự cảm: Từ $\Phi = LI \Rightarrow L = \frac{\Phi}{I} = \frac{8.10^{-6}.1000}{2} = 0,004H$.

Vậy: Suất điện động tự cảm trong xôlênôit và độ tự cảm của cuộn dây là $e_c = 0,08V$ và $L = 0,004H$.

c) Trường hợp xôlênôit có lõi độ từ thẩm của lõi là $\mu = 500$

Từ thông tự cảm qua mỗi vòng dây: $\Phi'' = \mu\Phi' = 500.8.10^{-6} = 4.10^{-3}Wb$.

Suất điện động tự cảm: $e_C = N\frac{\Delta\Phi''}{\Delta t} = 1000.4.10^{-3} = 40V$.

Độ tự cảm: $L' = \frac{\Phi}{I} = \frac{N\Phi''}{I} = \frac{4.10^{-3}.1000}{2} = 2H$.

Vậy: Khi xôlênôit có lõi độ từ thẩm của lõi là $\mu = 500$ thì kết quả ở các câu a, b đều tăng lên 500 lần.

15.2. Chứng minh rằng năng lượng từ trường trong xôlênôit là: $W_m = \frac{1}{2}\frac{B^2 lS}{\mu\mu_0}$ và mật độ năng lượng từ trường trong xôlênôit là: $w_m = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0}$, với B là cảm ứng từ trong xôlênôit.

Bài giải

Độ tự cảm của ống dây: $L = \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$.

với V = S*l*: thể tích ống dây $\Rightarrow L = \mu\mu_0 n^2 V$.

Năng lượng từ trường: $W_m = \frac{LI^2}{2}$.

Cảm ứng từ trong ống dây: $B = \mu\mu_0 nI \Rightarrow I = \frac{B}{\mu\mu_0 n}$.

$$\Rightarrow W_m = \frac{\mu\mu_0 n^2 V}{2}\cdot\frac{B^2}{(\mu\mu_0 n)^2} = \frac{B^2 V}{2\mu\mu_0} = \frac{B^2 lS}{2\mu\mu_0}$$

Mật độ năng lượng từ trường: $w_m = \frac{W_m}{V} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$

Vậy: Năng lượng từ trường và mật độ năng lượng từ trường trong xôlênôit là:

$W_m = \frac{1}{2}\frac{B^2 lS}{\mu\mu_0}$ và $w_m = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0}$.

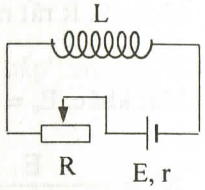
15.3. Vòng dây siêu dẫn độ tự cảm L, bán kính r đặt vuông góc với $\vec{B}$ của từ trường đều, cảm ứng từ tăng đều từ 0 đến B_0. Tính cường độ dòng điện cảm ứng trong vòng.

Bài giải

- Từ thông qua vòng dây: $\Phi = BS\cos\alpha = B_0\pi r^2$.
- Cường độ dòng điện cảm ứng trong vòng dây: $I = \frac{\Phi}{L} = \frac{\pi r^2 B_0}{L}$.

Vậy: Cường độ dòng điện cảm ứng trong vòng dây là: $I = \frac{\pi r^2 B_0}{L}$.

15.4. Cho mạch điện như hình vẽ, L = 1H, E = 12V, r = 0, R = 10Ω. Điều chỉnh biến trở để trong 0,1 giây R giảm còn 5Ω. Tính cường độ dòng điện trong mạch trong khoảng thời gian trên.



Bài giải

Gọi I là cường độ dòng điện do nguồn E sinh ra; I_c là cường độ dòng điện tự cảm (do E_c sinh ra).

Ta có: $I_1 = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{12}{10+0} = 1,2A$; $I_2 = \frac{E}{R_2 + r} = \frac{12}{5+0} = 2,4A$.

$$E_c = L\left|\frac{\Delta I}{\Delta t}\right| = \left|\frac{I_2 - I_1}{\Delta t}\right| = \left|\frac{2,4-1,2}{0,1}\right| = 12V$$

Vì R giảm nên I tăng và theo định luật Len–xơ, dòng điện tự cảm I_c ngược chiều với I. Cường độ dòng điện trong mạch trong thời gian trên là:

$$I' = I - I_c = \frac{E - E_c}{R + r} = 0 \text{ (vì } E = E_c)$$

Vậy: Cường độ dòng điện trong mạch trong khoảng thời gian trên là I' = 0.

15.5. Xôlênôit không lõi chiều dài *l*, tiết diện S và N vòng dây.

a) Điện trở xôlênôit bằng R, cường độ qua xôlênôit tỉ lệ với thời gian I = kt. Tính hiệu điện thế hai đầu xôlênôit.

b) Hai đầu xôlênôit trên nối với một nguồn điện có suất điện động E, điện trở trong r = 0, điện trở xôlênôit R rất nhỏ. Khi t = 0, người ta đóng mạch cho dòng điện qua xôlênôit. Tính cường độ dòng điện qua xôlênôit.

Bài giải

a) Hiệu điện thế hai đầu xôlênôit

- Cảm ứng từ trong xôlênôit: $B = 4\pi.10^{-7}nI = 4\pi.10^{-7}\frac{N}{l}kt$.

– Vì B biến thiên theo t nên trong xôlênôit có một suất điện động tự cảm:

$$E_c = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N\frac{\Delta B.S}{\Delta t} = -4\pi.10^{-7}\frac{N^2}{l}kS$$

– Vì I_c do E_c sinh ra ngược chiều với I trong mạch nên theo định luật Ôm ta có:

$$U = -E_c + RI = 4\pi.10^{-7}.\frac{N^2}{l}kS + kRt$$

Vậy: Hiệu điện thế hai đầu xôlênôit là $U = 4\pi.10^{-7}\frac{N^2}{l}kS + kRt$.

b) Cường độ dòng điện qua xôlênôit

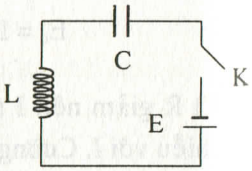
Vì r = 0, R rất nhỏ nên $U = E = -E_c = 4\pi.10^{-7}\frac{N^2}{l}kS$.

Mặt khác, $E_c = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \Delta I = -\frac{E_c}{L}.\Delta t = \frac{E}{L}.\Delta t$, với $L = 4\pi.10^{-7}\frac{N^2S}{l}$ nên:

$$\Delta I = \frac{E}{4\pi.10^{-7}.\frac{N^2S}{l}}.\Delta t \Rightarrow I = \frac{El}{4\pi.10^{-7}.N^2S}.t$$

Vậy: Cường độ dòng điện qua xôlênôit là $I = \frac{El}{4\pi.10^{-7}.N^2S}.t$.

15.6. Một pin có suất điện động không đổi E mắc nối tiếp với một ống dây có độ tự cảm L và một tụ có điện dung C thông qua một khóa K. Ban đầu khóa K mở, tụ không tích điện. Xác định giá trị cực đại của dòng điện trong mạch sau khi đóng khóa K. Bỏ qua điện trở thuần trong mạch.



Bài giải

+ Năng lượng điện trường cực đại ở tụ điện là: $W_C = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}CE^2$

+ Năng lượng từ trường cực đại ở ống dây là: $W_L = \frac{1}{2}LI_{max}^2$

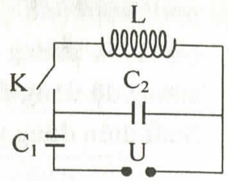
Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$W_C = W_L \Leftrightarrow \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2}LI_{max}^2 \Rightarrow I_{max} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Vậy: Giá trị cực đại của dòng điện trong mạch sau khi đóng khóa K là

$I_{max} = E\sqrt{\frac{C}{L}}$.

15.7. Cho mạch điện như hình vẽ; cuộn dây có độ tự cảm L, điện trở thuần không đáng kể. Các tụ có điện dung C_1 và C_2. Người ta đóng khóa K. Tìm dòng điện cực đại qua cuộn dây. Tìm hiệu điện thế cực đại trên hai bản của tụ C_1.



Bài giải

– Trước khi đóng khóa K, điện tích trên mỗi tụ là: $Q = CU_0 = \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}U_0$.

– Tại thời điểm dòng điện qua cuộn dây cực đại ($W_L = W_{L(max)}$; $W_{2C} = 0$), suất điện động cảm ứng bằng 0, toàn bộ hiệu điện thế của nguồn đặt lên tụ C_1, điện tích tụ C_1 là: $Q_1 = C_1U_0$.

– Theo định luật bảo toàn điện tích suy ra nguồn đã "cung cấp" cho mạch một điện tích: $\Delta Q = C_1U_0 - \frac{C_1C_2}{C_1+C_2}U_0 = \frac{C_1^2}{C_1+C_2}U_0$

nên nguồn đã thực hiện một công: $A = \Delta Q.U_0 = \frac{C_1^2}{C_1+C_2}U_0^2$.

– Theo định luật bảo toàn năng lượng: $W_{trước} = W_{sau}$.

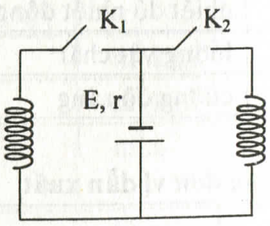
$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}CU_0^2 + A = \frac{1}{2}C_1U_0^2 + \frac{1}{2}LI_0^2$$

$$\Leftrightarrow \frac{C_1C_2}{2(C_1+C_2)}U_0^2 + \frac{C_1^2}{C_1+C_2}U_0^2 = \frac{1}{2}C_1U_0^2 + \frac{1}{2}LI_0^2 \Rightarrow I_0 = \frac{C_1U_0}{\sqrt{L(C_1+C_2)}}$$

Vậy: Dòng điện cực đại qua cuộn dây là $I_0 = \frac{C_1U_0}{\sqrt{L(C_1+C_2)}}$.

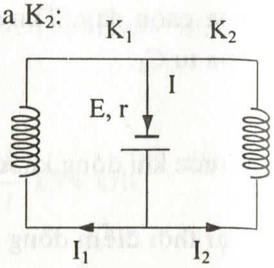
(Bạn đọc tự giải để tìm kết quả của $U_{1max} = U_0(1 + \frac{C_1}{C_1+C_2})$).

15.8. Hai ống dây giống nhau, được mắc vào nguồn điện không đổi, suất điện động E và điện trở trong r, thông qua hai khóa K_1 và K_2 (hình vẽ). Ban đầu hai khóa đều mở. Sau đó đóng K_1 trước rồi đến K_2. Xác định độ lớn của dòng chạy qua K_1 vào thời điểm đóng K_2 nếu biết rằng sau khi đóng K_2, dòng ổn định chạy qua K_1 lớn hơn dòng ổn định chạy qua K_2 là 2 lần. Bỏ qua điện trở thuần của hai ống dây.



Bài giải

Gọi I_0 là cường độ dòng điện qua K_1 vào thời điểm đóng khóa K_2; I_1, I_2 là cường độ dòng điện qua K_1, K_2 sau khi đã ổn định. Ta có:



+ Suất điện động tự cảm trên các cuộn dây khi đóng khóa K_2:

$$E_{C_1} = E_{C_2} \Leftrightarrow L\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = L\frac{\Delta I_2}{\Delta t} \Leftrightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{\Delta I_2}{\Delta t}.$$

$$\Leftrightarrow \frac{I_1 - I_0}{\Delta t} = \frac{I_2 - 0}{\Delta t} \Leftrightarrow I_1 - I_0 = I_2 \quad (1)$$

+ Mặt khác: $I_1 = 2I_2$ (2) và $I = I_1 + I_2 = \frac{E}{r}$ (3)

+ Từ (1) và (2) suy ra: $I_0 = I_2$, thay vào (3) ta được: $3I_0 = \frac{E}{r} \Rightarrow I_0 = \frac{E}{3r}$.

Vậy: Độ lớn của dòng chạy qua K_1 vào thời điểm đóng K_2 là $I_0 = \frac{E}{3r}$.

Phụ lục

CÁC ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG CHÍNH THỨC

(Trích Nghị định số : 134/2007/NĐ–CP, ngày 15 tháng 8 năm 2007 của Chính phủ nước CHXHCN Việt Nam)

1. Các đơn vị cơ bản

TT	Đại lượng	Tên đơn vị	Ký hiệu đơn vị
1	độ dài	mét	m
2	khối lượng	kilôgam	kg
3	thời gian	giây	s
4	cường độ dòng điện	ampe	A
5	nhiệt độ nhiệt động học	kenvin	K
6	lượng vật chất	mol	mol
7	cường độ sáng	candela	cd

2. Các đơn vị dẫn xuất

TT	Đại lượng	Đơn vị		Thể hiện theo đơn vị cơ bản thuộc hệ đơn vị SI
		Tên	Ký hiệu	
1. Đơn vị không gian, thời gian và hiện tượng tuần hoàn				
1.1	góc phẳng (góc)	radian	rad	m/m
1.2	góc khối	steradian	sr	m^2/m^2
1.3	diện tích	mét vuông	m^2	m.m
1.4	thể tích (dung tích)	mét khối	m^3	m.m.m
1.5	tần số	héc	Hz	s^{-1}
1.6	vận tốc góc	radian trên giây	rad/s	s^{-1}
1.7	gia tốc góc	radian trên giây bình phương	rad/s^2	s^{-2}
1.8	vận tốc	mét trên giây	m/s	$m.s^{-1}$
1.9	gia tốc	mét trên giây bình phương	m/s^2	$m.s^{-2}$
2. Đơn vị cơ				
2.1	khối lượng theo chiều dài (mật độ dài)	kilôgam trên mét	kg/m	$kg.m^{-1}$
2.2	khối lượng theo bề mặt (mật độ mặt)	kilôgam trên mét vuông	kg/m^2	$kg.m^{-2}$
2.3	khối lượng riêng (mật độ)	kilôgam trên mét khối	kg/m^3	$kg.m^{-3}$
2.4	lực	niutơn	N	$m.kg.s^{-2}$
2.5	mômen lực	niutơn mét	N.m	$m^2.kg.s^{-2}$
2.6	áp suất, ứng suất	pascan	Pa	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
2.7	độ nhớt động lực	pascan giây	Pa.s	$m^{-1}.kg.s^{-1}$
2.8	độ nhớt động học	mét vuông trên giây	m^2/s	$m^2.s^{-1}$
2.9	công, năng lượng	jun	J	$m^2.kg.s^{-2}$
2.10	công suất	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
2.11	lưu lượng thể tích	mét khối trên giây	m^3/s	$m^3.s^{-1}$
2.12	lưu lượng khối lượng	kilôgam trên giây	kg/s	$kg.s^{-1}$

TT	Đại lượng	Đơn vị		Thể hiện theo đơn vị cơ bản thuộc hệ đơn vị SI
		Tên	Ký hiệu	
3. Đơn vị nhiệt				
3.1	nhiệt độ Celsius	độ Celsius	^oC	$t = T - T_0$; trong đó t là nhiệt độ Celcius, T là nhiệt độ nhiệt động học và $T_0=273,15$.
3.2	nhiệt lượng	jun	J	$m^2.kg.s^{-2}$
3.3	nhiệt lượng riêng	jun trên kilôgam	J/kg	$m^2.s^{-2}$
3.4	nhiệt dung	jun trên kenvin	J/K	$m^2.kg.s^{-2}.K^{-1}$
3.5	nhiệt dung khối (nhiệt dung riêng)	jun trên kilôgam kenvin	J/(kg.K)	$m^2.s^{-2}.K^{-1}$
3.6	thông lượng nhiệt	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
3.7	thông lượng nhiệt bề mặt (mật độ thông lượng nhiệt)	oát trên mét vuông	W/m^2	$kg.s^{-3}$
3.8	hệ số truyền nhiệt	oát trên mét vuông kenvin	$W/(m^2.K)$	$kg.s^{-3}.K^{-1}$
3.9	độ dẫn nhiệt (hệ số dẫn nhiệt)	oát trên mét kenvin	W/(m.K)	$m.kg.s^{-3}.K^{-1}$
3.10	độ khuyếch tán nhiệt	mét vuông trên giây	m^2/s	$m^2.s^{-1}$
4. Đơn vị điện và từ				
4.1	điện lượng (điện tích)	culông	C	s.A
4.2	điện thế, hiệu điện thế (điện áp), sức điện động	vôn	V	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
4.3	cường độ điện trường	vôn trên mét	V/m	$m.kg.s^{-3}.A^{-1}$
4.4	điện trở	ôm	Ω	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
4.5	điện dẫn (độ dẫn điện)	simen	S	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
4.6	thông lượng điện (thông lượng điện dịch)	culông	C	s.A
4.7	mật độ thông lượng điện (điện dịch)	culông trên mét vuông	C/m^2	$m^{-2}.s.A$
4.8	công, năng lượng	jun	J	$m^2.kg.s^{-2}$
4.9	cường độ từ trường	ampe trên mét	A/m	$m^{-1}.A$
4.10	điện dung	fara	F	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
4.11	độ tự cảm	henry	H	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-2}$
4.12	từ thông	vebe	Wb	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$
4.13	mật độ từ thông, cảm ứng từ	tesla	T	$kg.s^{-2}.A^{-1}$
4.14	suất từ động	ampe	A	A
4.15	công suất tác dụng (công suất)	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
4.16	công suất biểu kiến	vôn ampe	V.A	$m^2.kg.s^{-3}$
4.17	công suất kháng	var	var	$m^2.kg.s^{-3}$
5. Đơn vị ánh sáng và bức xạ điện từ có liên quan				
5.1	năng lượng bức xạ	jun	J	$m^2.kg.s^{-2}$
5.2	công suất bức xạ (thông lượng bức xạ)	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
5.3	cường độ bức xạ	oát trên steradian	W/sr	$m^2.kg.s^{-3}$
5.4	độ chói năng lượng	oát trên steradian mét vuông	$W/(sr.m^2)$	$kg.s^{-3}$

TT	Đại lượng	Đơn vị		Thể hiện theo đơn vị cơ bản thuộc hệ đơn vị SI
		Tên	Ký hiệu	
5.5	năng suất bức xạ	oát trên mét vuông	W/m^2	$kg.s^{-3}$
5.6	độ rọi năng lượng	oát trên mét vuông	W/m^2	$kg.s^{-3}$
5.7	độ chói	candela trên mét vuông	cd/m^2	$m^{-2}.cd$
5.8	quang thông	lumen	lm	cd
5.9	lượng sáng	lumen giây	lm.s	cd.s
5.10	năng suất phát sáng (độ trưng)	lumen trên mét vuông	lm/m^2	$m^{-2}.cd$
5.11	độ rọi	lux	lx	$m^{-2}.cd$
5.12	lượng rọi	lux giây	lx.s	$m^{-2}.cd.s$
5.13	độ tụ (quang lực)	điôp®	điôp	m^{-1}
6. Đơn vị âm				
6.1	tần số âm	héc	Hz	s^{-1}
6.2	áp suất âm	pascan	Pa	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
6.3	vận tốc truyền âm	mét trên giây	m/s	$m.s^{-1}$
6.4	mật độ năng lượng âm	jun trên mét khối	J/m^3	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
6.5	công suất âm	oát	W	$m^2.kg.s^{-3}$
6.6	cường độ âm	oát trên mét vuông	W/m^2	$kg.s^{-3}$
6.7	trở kháng âm (sức cản âm học)	pascan giây trên mét khối	$Pa.s/m^3$	$m^{-4}.kg.s^{-1}$
6.8	trở kháng cơ (sức cản cơ học)	niutơn giây trên mét	N.s/m	$kg.s^{-1}$
7. Đơn vị hoá lý và vật lý phân tử				
7.1	nguyên tử khối	kilôgam	kg	kg
7.2	phân tử khối	kilôgam	kg	kg
7.3	nồng độ mol	mol trên mét khối	mol/m^3	$m^{-3}.mol$
7.4	hoá thế	jun trên mol	J/mol	$m^2.kg.s^{-2}.mol^{-1}$

TT	Đại lượng	Đơn vị		Thể hiện theo đơn vị cơ bản thuộc hệ đơn vị SI
		Tên	Ký hiệu	
7.5	hoạt độ xúc tác	katal	kat	$s^{-1}.mol$
8. Đơn vị bức xạ ion hoá				
8.1	độ phóng xạ (hoạt độ)	becơren	Bq	s^{-1}
8.2	liều hấp thụ, kerma	gray	Gy	$m^2.s^{-2}$
8.3	liều tương đương	sivơ	Sv	$m^2.s^{-2}$
8.4	liều chiếu	culông trên kilôgam	C/kg	$kg^{-1}.s.A$

3–Các bội, ước thập phân của đơn vị đo lường chính thức hệ SI

Tên		Ký hiệu	Thừa số
Quốc tế	Việt Nam		
Bội			
yotta	yôtta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{24}
zetta	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 = 10^{21}
exa	exa	E	1 000 000 000 000 000 000 = 10^{18}
peta	peta	P	1 000 000 000 000 000 = 10^{15}
tera	tera	T	1 000 000 000 000 = 10^{12}
giga	giga	G	1 000 000 000 = 10^{9}
mega	mega	M	1 000 000 = 10^{6}
kilo	kilô	k	1 000 = 10^{3}
hecto	hectô	h	100 = 10^{2}
deca	deca	da	10 = 10^{1}

Tên		Ký hiệu	Thừa số
Quốc tế	Việt Nam		
Ước			
deci	deci	d	$0{,}1 = 10^{-1}$
centi	centi	c	$0{,}01 = 10^{-2}$
mili	mili	m	$0{,}001 = 10^{-3}$
micro	micrô	μ	$0{,}000\ 001 = 10^{-6}$
nano	nanô	n	$0{,}000\ 000\ 001 = 10^{-9}$
pico	picô	p	$0{,}000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-12}$
femto	femtô	f	$0{,}000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-15}$
atto	attô	a	$0{,}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-18}$
zepto	zeptô	z	$0{,}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-21}$
yocto	yoctô	y	$0{,}000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001 = 10^{-24}$

◆

MỤC LỤC

Phần thứ nhất

TĨNH ĐIỆN

Chuyên đề 1: LỰC TƯƠNG TÁC TĨNH ĐIỆN 3
Chuyên đề 2: ĐIỆN TRƯỜNG 25
Chuyên đề 3: ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ 46
Chuyên đề 4: TỤ ĐIỆN 71

Phần thứ hai

DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

Chuyên đề 5: DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI – ĐIỆN TRỞ ĐỊNH LUẬT ÔM CHO ĐOẠN MẠCH 125
Chuyên đề 6: MẠCH CẦU ĐIỆN TRỞ 166
Chuyên đề 7: ĐIỆN TRỞ PHỤ TRONG CÁC DỤNG CỤ ĐO ĐIỆN 185
Chuyên đề 8: CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN 199
Chuyên đề 9: ĐỊNH LUẬT ÔM CHO TOÀN MẠCH – ĐỊNH LUẬT ÔM TỔNG QUÁT 217
Chuyên đề 10: CÔNG VÀ CÔNG SUẤT CỦA NGUỒN ĐIỆN VÀ MÁY THU ĐIỆN 311
Chuyên đề 11: DÒNG ĐIỆN TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG 353

Phần thứ ba

ĐIỆN TỪ

Chuyên đề 12: TỪ TRƯỜNG 364
Chuyên đề 13: LỰC TỪ 380
Chuyên đề 14: CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ 403
Chuyên đề 15: HIỆN TƯỢNG TỰ CẢM 426